

TUGAS AKHIR

ANALISA VACUUM CONSOLIDATION PADA TANAH LUNAK DI SEMARANG MENGGUNAKAN PROGRAM PLAXIS

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan

Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil

Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung



Disusun Oleh:

Ansela Nurfauziah Reyhan

Ariisah Rozna

NIM: 30202100236

NIM: 30202100238

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG

2023

LEMBAR PENGESAHAN
ANALISA VACUUM CONSOLIDATION PADA TANAH LUNAK DI
SEMARANG MENGGUNAKAN PROGRAM PLAXIS



Ansela Nurfauziah Reyhan
NIM : 30202100236



Ariisah Rozna
NIM : 30202100238

Telah disetujui dan disahkan di Semarang,

Januari 2023

Tim Penguji

Tanda Tangan

1. **Dr. Ir. Rinda Karlinasari I., M.T.**
NIDN: 0623026901
2. **Lisa Fitriyana, S.T., M.T.**
NIDN: 0609099001
3. **DR. Abdul Rochim, S.T., M.T.**
NIDN: 0608067601

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Islam Sultan Agung


Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.
NIDN: 0625059102

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No: 29 / A.2 / SA - T / IX / 2022

Pada hari ini tanggal 27 Januari 2023 berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping:

1. Nama : Dr. Ir. Rinda Karlinasari Indrayana, M.T.

Jabatan Akademik : Asisten Ahli

Jabatan : Dosen Pembimbing Utama

2. Nama : Lisa Fitriyana, S.T., M.Eng.

Jabatan Akademik : Lektor

Jabatan : Dosen Pembimbing Pendamping

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa yang tersebut di bawah ini telah menyelesaikan bimbingan Tugas Akhir:

Ansela Nurfauziah Reyhan
NIM : 30202100236

Ariisah Rozna
NIM : 30202100238

Judul: Analisa *Vacuum Consolidation* Pada Tanah Lunak Di Semarang Menggunakan Program PLAXIS

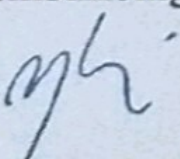
Dengan tahapan sebagai berikut:

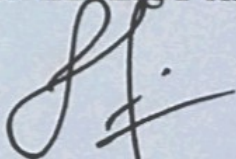
No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing	28/09/2022	ACC
2	Pengumpulan data	13/10/2022	
3	Seminar Proposal	21/11/2022	
4	Analisis data	22/11/2022	
5	Penyusunan laporan	01/01/2023	ACC
6	Selesai laporan	31/01/2023	

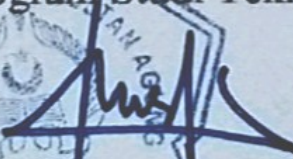
Demikian Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir / Skripsi ini dibuat untuk diketahui dan dipergunakan seperlunya oleh pihak-pihak yang berkepentingan

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Pendamping


Dr. Ir. Rinda Karlinasari Indrayana,
M.T.


Lisa Fitriyana, S.T., M.Eng.

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.


PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

NAMA : Ansela Nurfauziah Reyhan
NIM : 30202100236
NAMA : Ariisah Rozna
NIM : 30202100238

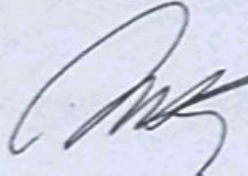
dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul “Analisa *Vacuum Consolidation* Pada Tanah Lunak Di Semarang Menggunakan Program PLAXIS” benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

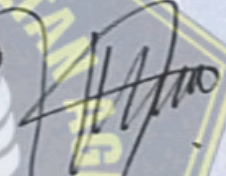
Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

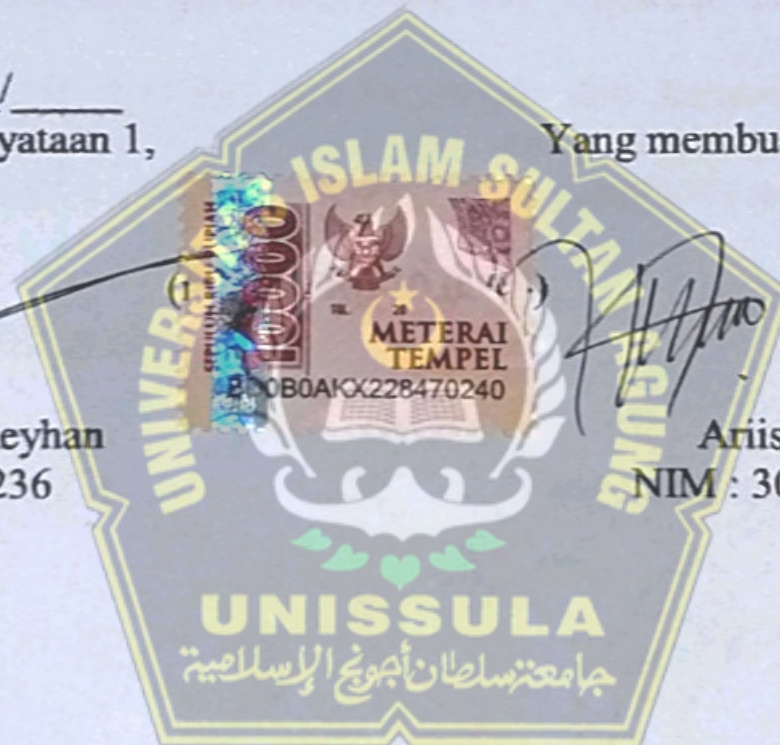
Semarang, / /

Yang membuat pernyataan 1,

Yang membuat pernyataan 2,


Ansela Nurfauziah Reyhan
NIM : 30202100236


Ariisah rozna
NIM : 30202100238



PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA : Ansela Nurfauziah Reyhan
NIM : 30202100236
NAMA : Ariisah Rozna
NIM : 30202100238
JUDUL TUGAS AKHIR : Analisa *Vacuum Consolidation* Pada Tanah Lunak
Di Semarang Menggunakan Program PLAXIS

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan - bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijasah pada Universitas Islam Sultan Agung Semarang atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Demikian pernyataan ini saya buat.

Semarang, ____/____/____

Yang membuat pernyataan 1,

Yang membuat pernyataan 2,


Ansela Nurfauziah Reyhan
NIM : 30202100236




Ariisah rozna
NIM : 30202100238

MOTTO

“Tidak Ada Kesuksesan Melainkan dengan Pertolongan Allah”

Q.S. Huud : 88

“Maka Sesungguhnya Bersama Kesulitan Itu Ada Kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada Kemudahan”

Q.S. Al-Insyirah : 5-6

“Wahai manusia, kami akan menguji kalian dengan kesempitan dan kenikmatan untuk menguji iman kalian. Dan hanya kepada Kami lah kalian akan Kembali”

Qs. Al-Anbiya: 35

“Ingatlah Allah saat hidup tak berjalan sesuai keinginan, Allah pasti punya jalan yang lebih baik”

“Dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap”

(Qs. Al-Insyirah: 8)

“Aku berlindung kepada-Mu dari kelemahan, rasa malas, rasa takut, kejelekan di waktu tua, sifat kikir. Dan aku juga berlindung kepada-Mu dari siksa kubur serta bencana kehidupan dan kematian”

(HR. Bukhari no.6367 dan Muslim no.2706)

PERSEMBAHAN

Segala puji bagi Allah SWT, pemilik ruh dan Tuhan semesta alam. Sholawat serta salam selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW.

Tugas akhir ini saya persembahkan kepada :

1. Ibu , ayah, kaka dan nenek saya Karsadi beserta istri , anak dan orang tua ayah saya atas semua doa dan dukungan yang selalu diberikan kepada saya.
2. Dosen pembimbing saya Ibu Dr. Ir. Rinda Karlinasari Indrayana, M.T. dan Lisa Fitriyana, S.T., M.Eng. yang bersedia meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya untuk membimbing kami sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Semua dosen Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil UNISSULA, terimakasih atas semua ilmu bermanfaat yang telah diberikan kepada saya.
4. Rekan laporan tugas akhir saya Ariisah Rozna yang telah memberikan waktu, tenaga dan pikiran untuk sama-sama berjuang menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Mba Fella, Mas Alim, dan Rocy yang telah membimbing kami selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
6. Mas dan Mba karyawan PT. Erka Enjiniring yang telah meluangkan waktu untuk membimbing kami selama masa pengerjaan Tugas Akhir.
7. Sulistiowati Cahya Ningrum, Beauty Azzukhruf, Fadhilah Satya C, Anisa Indah Deta, Hanna Ries B, Meliana dan semua teman-teman saya atas doa dan segala bentuk support yang selalu diberikan.
8. Semua teman-teman kelas transfer Fakultas Teknik Sipil UNISSULA angkatan 2020 dan 2021, terimakasih atas semua bantuan, perhatian dan semangatnya.

Ansela Nurfauziah Reyhan

NIM: 30202100236

PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadiran Allah SWT, Tuhan pemilik jiwa dan Semesta alam. Sholawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW. Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada :

1. Kedua orang tua saya, Bapak Abdul Majid dan Ibu Mahmudah atas semua dukungan moral maupun material, kasih sayang, kesabaran dan do'a yang tidak ada habisnya.
2. Kakak saya Jivana Zulfi, S.P. yang telah memberikan dukungan dan doa sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
3. Ibu Dr. Ir. Rinda Karlinasari, MT. dan Ibu Lisa Fitriyana, ST, M. Eng yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya untuk memberikan bimbingan pada kami agar bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
4. Semua dosen Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil UNISSULA, terimakasih atas semua ilmunya yang sangat bermanfaat.
5. Partner laporan Tugas Akhir Ansela Nurfauziah Reyhan. Terimakasih atas waktu dan semangatnya sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Semua teman-teman kariawan PT. Erka Enjiniring yang telah membantu dan memberikan data yang dibutuhkan untuk menyelesaikan Tugas Akhir (Mbak Fella, Mas Alim dan Rocy).
7. Semua teman-teman Fakultas Teknik Sipil UNISSULA kelas sore (transfer) angkatan 2021, terimakasih atas semua bantuan, perhatian dan semangatnya.

Ariisah Rozna

NIM : 30202100238

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Syukur, Alhamdulillah kami panjatkan kehadirat Allah SWT, berkat rahmat dan hidayah-Nya kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Adapun maksud dari pembuatan tugas ini selain untuk menambah pengetahuan kami, juga berguna untuk memenuhi salah satu syarat akademis dalam menyelesaikan pendidikan tingkat sarjana strata satu (S1) pada Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung.

Selesainya tugas ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini kami ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung
2. Ibu Dr. Ir. Rinda Karlinasari, MT. selaku Dosen Pembimbing I.
3. Ibu Lisa Fitriyana, ST, M. Eng selaku Dosen Pembimbing II.
4. Bapak Dr. Abdul Rochim, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing.
5. Semua dosen yang telah membagikan ilmunya kepada kami.
6. Semua staf di fakultas teknik yang telah membantu kami dalam proses pembelajaran di kampus.
7. Orang tua, keluarga, serta sahabat-sahabat dari kedua penulis, atas dukungan serta bantuan yang telah diberikan.

Penulis menyadari, keterbatasan ilmu pengetahuan, kemampuan, dan pengalaman yang dimiliki, dalam Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, segala saran dari pembaca sangat kami harapkan dan semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat tidak hanya bagi penulis juga bagi para pembaca.

Semarang, Januari 2023

Ansela Nurfauziah Reyhan : 30202100236

Ariisah Rozna : 30202100238

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
PERNYATAAN KEASLIAN.....	v
MOTTO	vi
PERSEMBAHAN.....	vii
PERSEMBAHAN.....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xx
Abstrak.....	xxi
<i>Abstract</i>	xxii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Maksud dan Tujuan	2
1.4 Batasan Penulisan.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Tanah	5
2.1.1 Definisi Tanah.....	5
2.1.2 Klasifikasi tanah.....	6
2.2 Tanah lunak	7
2.2.1 Definisi Tanah Lunak.....	7
2.2.2 Sifat tanah lunak.....	9
2.2.3 Permasalahan pada tanah lunak	9

2.2.4	Penyelidikan tanah lunak	10
2.3	Penurunan Tanah	11
2.4	Konsolidasi Tanah	14
2.4.1	Pengertian Konsolidasi.....	14
2.4.2	Penurunan Konsolidasi	15
2.4.3	Koefisien Konsolidasi Arah Vertikal (Cv).....	16
2.4.4	Derajat Konsolidasi	16
2.5	<i>Prefabricated Vertical Drains (PVD)</i>	17
2.5.1	Bentuk dan Fungsi PVD (Prefabricated Vertical Drain)	17
2.5.2	Penggunaan PVD (Prefabricated Vertical Drain)	19
2.6	Perbaikan Tanah Menggunakan Metode Preloading.....	19
2.7	Perbaikan Tanah Menggunakan Metode Konsolidasi Vakum	20
2.8	Perpindahan Lateral.....	25
2.9	Pemodelan Konsolidasi Vakum	27
2.10	Tahapan Pada PLAXIS	28
2.11	Studi Parameter Tanah	30
2.12	Penelitian Terdahulu.....	35
BAB III	METODOLOGI	41
3.1	Pendahuluan	41
		42
3.2	Studi Literatur.....	42
3.3	Identifikasi Masalah	43
3.3.1	Pengumpulan Data	43
3.3.2	Sumber Data.....	43
3.4	Pemodelan menggunakan program	43
3.4.1	Teknik Pengolahan Data	43
3.4.2	Penginputan data ke program.....	44
BAB IV	ANALISA DAN PEMBAHASAN HASIL.....	48
4.1	Analisa PLAXIS V8.6 dan PLAXIS V20	48
4.2	Permodelan PLAXIS V8.6 dan PLAXIS V20	49
4.2.1	Parameter Lapisan Perkerasan	49

4.2.2	Parameter Lapisan Timbunan	51
4.2.3	Parameter lapisan Tanah	51
4.2.4	Penginputan Parameter Tanah.....	54
4.2.5	Pembebanan	54
4.2.6	Tahap Analisa pada PLAXIS V 8.6	55
4.2.7	Tahap Analisa pada PLAXIS V20	89
4.3	Hasil Analisa	123
4.3.1.	Hasil Analisa Menggunakan PLAXIS V8.6	123
4.3.2.	Hasil Analisa Menggunakan PLAXIS V20	135
4.4	Pembahasan	147
BAB V PENUTUP.....		149
5.1	Kesimpulan.....	149
5.2	Saran	150
DAFTAR PUSTAKA.....		xxiii
LAMPIRAN.....		xxv



DAFTAR GAMBAR

BAB II

Gambar 2. 1 Diagram fase tanah.....	5
Gambar 2. 2 Grafik Hubungan Antara Penurunan dengan Waktu.....	14
Gambar 2. 3 Grafik Hubungan Time Faktor dengan Konsolidasi	17
Gambar 2. 4 Sketa dan Bentuk dari PVD	18
Gambar 2. 5 Grafik Perbandingan Penurunan Tanah yang Menggunakan PVD dan Tidak Menggunakan PVD.....	18
Gambar 2. 6 Proses konsolidasi	22
Gambar 2. 7 Skema Sistem Konsolidasi Vakum	25
Gambar 2. 8 Deformasi Lateral Tanah.....	26
Gambar 2. 9 Konversi Dari Analisa Unit Sel Axisymmetric ke Analisa.....	27
Gambar 2. 10 Perbedaan Model <i>Plane strain</i> dan axi-simetri.....	29
Gambar 2. 11 Perbedaan 6 titik dengan 15 titik nodal.....	30
Gambar 2. 12 Hubungan anatar kohesi <i>c</i> dan nilai N-SPT untuk tanah kohesif.....	31
Gambar 2. 13 Hubungan anatar nilai N-SPT dan <i>undrained shear strength</i> untuk tanah kohesif	31

BAB III

Gambar 3. 1 Bagan Alur Penelitian	42
Gambar 3. 2 Bagan Alur Pengerjaan Program PLAXIS.....	44

BAB IV

Gambar 4. 1 Permodelan PLAXIS V8.6.....	48
Gambar 4. 2 Permodelan PLAXIS V20.....	48
Gambar 4. 3 Tab Material Set	49
Gambar 4. 4 Tab Pengisian <i>Material Sets</i> Umum	50
Gambar 4. 5 Tab pengisian <i>material sets</i> Parameter.....	50
Gambar 4. 6 Pembebanan Pada Setiap As Roda (http://pembebanan-as-roda)	54
Gambar 4. 7 Distribusi Beban Terhadap Perkerasan (http://pembebanan-as-roda)....	55
Gambar 4. 8 <i>Input Phase</i> Timbunan Jagaan 1	59

Gambar 4. 9 <i>Define Phase Install</i> Jagaan 1	59
Gambar 4. 10 <i>Input Phase</i> Timbunan Jagaan 2	60
Gambar 4. 11 <i>Define Phase Install</i> Timbunan Jagaan 2	61
Gambar 4. 12 <i>Input Phase</i> Konsolidasi 100 Hari	61
Gambar 4. 13 <i>Input Phase</i> Instal PVD.....	62
Gambar 4. 14 <i>Input Phase</i> Instal PVD.....	63
Gambar 4. 15 Instal Tanah Daerah PVD	63
Gambar 4. 16 <i>Input Phase</i> Instal Vacuum	64
Gambar 4. 17 Instal Gaya Vakum.....	64
Gambar 4. 18 <i>Input Phase</i> Timbunan Tahap 1	65
Gambar 4. 19 <i>Define Phase</i> Timbunan Tahap 1	66
Gambar 4. 20 <i>Input Phase</i> Konsolidasi Tahap 1.....	66
Gambar 4. 21 <i>Input Phase</i> Timbunan Tahap 2	67
Gambar 4. 22 <i>Define Phase</i> Timbunan Tahap 2	68
Gambar 4. 23 <i>Input Phase</i> Konsolidasi Tahap 2.....	68
Gambar 4. 24 <i>Input Phase</i> Tmbunan Tahap 3	69
Gambar 4. 25 <i>Define Phase</i> Timbunan Tahap 3.....	70
Gambar 4. 26 <i>Input Phase</i> Konsolidasi Tahap 3.....	70
Gambar 4. 27 <i>Input Phase</i> Timbunan Tahap 4	71
Gambar 4. 28 <i>Define Phase</i> Timbunan Tahap 4.....	72
Gambar 4. 29 <i>Input Phase</i> Konsolidasi Tahap 4.....	72
Gambar 4. 30 <i>Input Phase</i> Timbunan Tahap 5	73
Gambar 4. 31 <i>Define Phase</i> Timbunan Tahap 5	74
Gambar 4. 32 <i>Input Phase</i> Konsolidasi Tahap 5.....	74
Gambar 4. 33 <i>Input Phase</i> Timbunan Tahap 6	75
Gambar 4. 34 <i>Define Phase</i> Timbunan Tahap 6	76
Gambar 4. 35 <i>Input Phase</i> Konsolidasi Tahap 6.....	76
Gambar 4. 36 <i>Input Phase</i> Timbunan <i>PRELOAD</i>	77
Gambar 4. 37 <i>Define Phase</i> Timbunan <i>PRELOAD</i>	78
Gambar 4. 38 <i>Input Phase</i> Konsolidasi <i>PRELOAD</i>	78

Gambar 4. 39 <i>Input Phase Vacuum Off</i>	79
Gambar 4. 40 <i>Define Phase Vacuum Off</i>	80
Gambar 4. 41 <i>Input Phase</i> Konsolidasi 100 Hari	80
Gambar 4. 42 <i>Input Phase Unload</i>	81
Gambar 4. 43 <i>Define Phase Unload</i>	82
Gambar 4. 44 <i>Input Phase</i> Tahap Perkerasan	82
Gambar 4. 45 <i>Define Phase</i> Perkerasan.....	83
Gambar 4. 46 <i>Input Phase Service Load</i>	84
Gambar 4. 47 <i>Define Phase Service Load</i>	84
Gambar 4. 48 <i>Input Phase</i> Konsolidasi 1 Tahun	85
Gambar 4. 49 <i>Input Phase</i> Konsolidasi 1 Tahun	85
Gambar 4. 50 <i>Input Phase</i> Konsolidasi 3 Tahun	86
Gambar 4. 51 <i>Input Phase</i> Kosnolidasi 3 Tahun	86
Gambar 4. 52 <i>Input Phase</i> Kosnolidasi 10 Tahun	87
Gambar 4. 53 <i>Input Phase Safety Factor</i>	88
Gambar 4. 54 <i>Input Phase Safety Factor</i>	88
Gambar 4. 55 Penentuan Titik Tinjau	88
Gambar 4. 56 <i>Input Phase Initial Phase</i>	92
Gambar 4. 57 <i>Input Phase</i> Timbunan Jagaan 1	93
Gambar 4. 58 <i>Define Phase</i> Timbunan Jagan 1.....	93
Gambar 4. 59 <i>Input Phase</i> Timbunan Jagaan 2	94
Gambar 4. 60 <i>Define Phase</i> Timbunan Jagaan 2	95
Gambar 4. 61 <i>Input Phase</i> Konsolidasi 100 Hari	95
Gambar 4. 62 <i>Input Phase</i> Instal PVD.....	96
Gambar 4. 63 <i>Define Phase</i> Instal PVD	97
Gambar 4. 64 <i>Input Phase</i> Instal Vakum	97
Gambar 4. 65 <i>Define Phase</i> Instal Vakum.....	98
Gambar 4. 66 <i>Input Phase</i> Timbunan Tahap 1	99
Gambar 4. 67 <i>Define Phase</i> Timbunan Tahap 1	99
Gambar 4. 68 <i>Input Phase</i> Konsolidasi Tahap 1.....	100

Gambar 4. 69 <i>Input Phase</i> Timbunan Tahap 2	101
Gambar 4. 70 <i>Define Phase</i> Timbunan Tahap 2	101
Gambar 4. 71 <i>Input Phase</i> Konsolidasi Tahap 2.....	102
Gambar 4. 72 <i>Input Phase</i> Timbunan Tahap 3	103
Gambar 4. 73 <i>Define Phase</i> Timbunan Tahap 3	103
Gambar 4. 74 <i>Input Phase</i> Konsolidasi Tahap 3.....	104
Gambar 4. 75 <i>Input Phase</i> Timbunan Tahap 4	105
Gambar 4. 76 <i>Define Phase</i> Timbunan Tahap 4	105
Gambar 4. 77 <i>Input Phase</i> Konsolidasi Tahap 4.....	106
Gambar 4. 78 <i>Input Phase</i> Timbunan Tahap 5	107
Gambar 4. 79 <i>Define Phase</i> Timbunan Tahap 5	107
Gambar 4. 80 <i>Input Phase</i> Konsolidasi Tahap 5.....	108
Gambar 4. 81 <i>Input Phase</i> Timbunan Tahap 6	109
Gambar 4. 82 <i>Define Phase</i> Timbunan Tahap 6	109
Gambar 4. 83 <i>Input Phase</i> Konsolidasi Tahap 6.....	110
Gambar 4. 84 <i>Input Phase Preload</i>	111
Gambar 4. 85 <i>Define Phase Preload</i>	111
Gambar 4. 86 <i>Input Phase</i> Konsolidasi Preload	112
Gambar 4. 87 <i>Input Phase Vacuum Off</i>	113
Gambar 4. 88 <i>Define Phase Vacuum Off</i>	113
Gambar 4. 89 <i>Input Phase</i> Konsolidasi 100 Hari	114
Gambar 4. 90 <i>Input Phase Unload</i>	115
Gambar 4. 91 <i>Define Phase Unload</i>	115
Gambar 4. 92 <i>Input Phase Perkerasan</i>	116
Gambar 4. 93 <i>Define Phase Perkerasan</i>	117
Gambar 4. 94 <i>Input Phase Service Load</i>	117
Gambar 4. 95 <i>Define Phase Service Load</i>	118
Gambar 4. 96 <i>Input Phase</i> Konsolidasi 1 tahun.....	119
Gambar 4. 97 <i>Input Phase</i> Konsolidasi 3 tahun.....	120
Gambar 4. 98 <i>Input Phase</i> Konsolidasi 10 tahun.....	121

Gambar 4. 99 <i>Input Phase</i> Konsolidasi 10 Tahun	122
Gambar 4. 100 Titik Tinjau.....	122
Gambar 4. 101 Penurunan Tanah Tahap Perkerasan	123
Gambar 4. 102 Tekanan Air Pori Berlebih Tahap Perkerasan.....	123
Gambar 4. 103 Nilai SF Tahap Perkerasan	124
Gambar 4. 104 Bidang Longsor Tahap Perkerasan	124
Gambar 4. 105 Total Penurunan Tanah Tahap <i>Service Load</i>	125
Gambar 4. 106 Tekanan Air Pori Tahap <i>Service Load</i>	125
Gambar 4. 107 SF Tahap <i>Service Load</i>	126
Gambar 4. 108 Bidang Longsor Tahap <i>Service Load</i>	126
Gambar 4. 109 Total Penurunan Tahap Konsolidasi 1 Tahun	127
Gambar 4. 110 Tekanan Air Pori Tahap Konsolidasi 1 Tahun.....	127
Gambar 4. 111 SF Tahap Konsolidasi 1 Tahun	128
Gambar 4. 112 Bidang Longsor Tahap Konsolidasi 1 Tahun.....	128
Gambar 4. 113 Total Penurunan Tahap Konsolidasi 3 Tahun.....	129
Gambar 4. 114 Tekanan Air Pori Konsolidasi 3 Tahun.....	129
Gambar 4. 115 SF Tahap Konsolidasi 3 Tahun	130
Gambar 4. 116 Bidang Longsor Tahap Konsolidasi 3 Tahun.....	130
Gambar 4. 117 Total Penurunan Tahap Konsolidasi 10 Tahun.....	131
Gambar 4. 118 Tekanan Air Pori Tahap Konsolidasi 10 Tahun.....	131
Gambar 4. 119 SF Tahap Konsolidasi 10 Tahun	132
Gambar 4. 120 Bidang Longsor Tahap Konsolidasi 10 Tahun.....	132
Gambar 4. 121 Grafik Penurunan Tanah Titik A.....	133
Gambar 4. 122 Grafik Penurunan Tanah Titik B	133
Gambar 4. 123 Grafik Tekanan Air Pori Berlebih Titik C	134
Gambar 4. 124 Grafik Tekanan Air Pori Aktif Titik C	134
Gambar 4. 125 Total Penurunan Tahap Perkerasan PLAXIS V20	135
Gambar 4. 126 Tekanan Air Pori Tahap Perkerasan PLAXIS V20.....	135
Gambar 4. 127 SF Tahap Perkerasan PLAXIS V20	136
Gambar 4. 128 Bidang Longsor Tahap Perkerasan PLAXIS V20.....	136

Gambar 4. 129 Total Penurunan Tahap <i>Service Load</i> PLAXIS V20	137
Gambar 4. 130 Tekanan Air Pori Tahap <i>Service Load</i> PLAXIS V20	137
Gambar 4. 131 SF Tahap <i>Service Load</i> PLAXIS V20.....	138
Gambar 4. 132 Bidang Longsor Tahap <i>Service Load</i> PLAXIS V20	138
Gambar 4. 133 Total Penurunan Tahap Konsolidasi 1 Tahun PLAXIS V20	139
Gambar 4. 134 Tekanan Air Pori Tahap Konsolidasi 1 Tahun PLAXIS V20.....	139
Gambar 4. 135 SF Tahap Konsolidasi 1 Tahun PLAXIS V20	140
Gambar 4. 136 Bidang Longsor Tahap Konsolidasi 1 Tahun PLAXIS V20.....	140
Gambar 4. 137 Total Penurunan Tahap Konsolidasi 3 Tahun PLAXIS V20	141
Gambar 4. 138 Tekanan Air Pori Tahap Konsolidasi 3 Tahun PLAXIS V20.....	141
Gambar 4. 139 SF Tahap Konsolidasi PLAXIS V20	142
Gambar 4. 140 Bidang Longsor Tahap Konsolidasi 3 Tahun PLAXIS V20.....	142
Gambar 4. 141 Total Penurunan Tahap Konsolidasi 10 Tahun Plaxis V20	143
Gambar 4. 142 Tekanan Air Pori Tahap Konsolidasi 10 Tahun PLAXIS V20.....	143
Gambar 4. 143 SF Tahap Konsolidasi 10 Tahun PLAXIS V20	144
Gambar 4. 144 Bidang Longsor Tahap Konsolidasi 10 Tahun PLAXIS V20.....	144
Gambar 4. 145 Grafik Penurunan Titik A PLAXIS V20.....	145
Gambar 4. 146 Grafik Penurunan Titik B PLAXIS V20	145
Gambar 4. 147 Grafik Tekanan Air Pori Titik Berlebih C PLAXIS V20.....	146
Gambar 4. 148 Grafik Tekanan Air Pori Aktif Titik C PLAXIS V20	146

DAFTAR TABEL

BAB II

Tabel 2. 1 Korelasi Nilai N-SPT dengan Berat Jenis Tanah Jenuh (γ_{sat}).....	32
Tabel 2. 2 Korelasi Nilai Tipikal Berat Volume Tanah.	32
Tabel 2. 3 Korelasi Jenis Tanah dengan Poisson Ratio.	32
Tabel 2. 4 Nilai N-SPT dengan Kohesi.....	33
Tabel 2. 5 Korelasi Tipikal Berat Volume Tanah	33
Tabel 2. 6 Korelasi Jenis Tanah dengan Poisson Ratio	33
Tabel 2. 7 Korelasi antara N-SPT dengan nilai γ (berat jenis tanah jenuh air) dan nilai ϕ (sudut geser dalam tanah)	33
Tabel 2. 8 Penelitian Terdahulu	35

BAB IV

Tabel 4. 1 Parameter Lapisan Perkerasan	49
Tabel 4. 2 Parameter Timbunan.....	51
Tabel 4. 3 Parameter Lapisan Tanah.....	52
Tabel 4. 4 Tipe Tanah Layer Jenis Tanah	54
Tabel 4. 5 Tahapan Pekerjaan PLAXIS V8.6	56
Tabel 4. 6 Tahapan Pekerjaan pada PLAXIS V20.....	89
Tabel 4. 7 Tabel Perbandingan <i>Displacement</i> program PLAXIS V8.6 dan PLAXIS V20.....	148
Tabel 4. 8 Tabel Perbandingan Nilai <i>Safety Factor</i> Program PLAXIS V8.6 dan PLAXIS V20.....	148

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Data Uji Borring Log

Lampiran 2 : Potongan Jalan Melintang

Lampiran 3 : Lembar ACC Jilid Seminar Hasil Dosen Pembimbing Utama

Lampiran 4 : Lembar ACC Jilid Seminar Hasil Dosen Pembimbing Pembanding

Lampiran 5 : Lembar ACC Jilid Seminar Hasil Dosen Pembanding

Lampiran 6 : Lembar Kehadiran Peserta Seminar

Lampiran 7 : Lembar Telah Dilaksanakan Seminar Hasil

Lampiran 8 : Lembar Dosen Penguji Seminar Hasil

Lampiran 9 : Lembar Telah Dilaksanakan Seminar Hasil Judul Bahasa Inggris

Lampiran 10 : Lembar Asistensi Dosen Pembimbing Utama

Lampiran 11 : Lembar Asistensi Dosen Pembimbing Pembanding

Lampiran 12 : Lembar Hasil Cek Turnitin



Abstrak

Dalam kegiatan konstruksi pembangunan di kota Semarang, kerap ditemui masalah mengenai pembangunan konstruksi di atas kawasan tanah lunak, penyebabnya diakibatkan oleh daya dukung, permeabilitas, kuat geser yang rendah serta angka penurunan yang besar. Dengan berkembangnya teknologi dalam bidang perbaikan dan perkuatan tanah terlebih pada tanah lunak, salah satu upaya yang bisa digunakan untuk memaksimalkan perbaikan tanah dan penurunan konsolidasi yang cepat dan efektif adalah dengan menggunakan metode konsolidasi vakum (*Vacuum Consolidation*). Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah mendapatkan hasil analisa perbandingan pada program PLAXIS V8.6 dan PLAXIS V20

Pada tugas akhir ini, dilakukan analisis dengan bantuan program PLAXIS V8.6 dan PLAXIS V20, untuk membandingkan dan memprediksi proses berlangsungnya konsolidasi vakum yang terjadi. Dengan permodelan yang sama pada kedua program PLAXIS kami menemukan perbedaan, dimana pada PLAXIS V8.6 belum terdapat fitur pemasangan vakum yang mengakibatkan hasil keluaran dari kedua program tersebut terdapat perbedaan.

Berdasarkan permodelan menggunakan program PLAXIS V8.6 penurunan yang terjadi setelah konsolidasi 10 tahun diperoleh 3,23 m. Sedangkan pada permodelan menggunakan program PLAXIS V20 penurunan yang terjadi setelah konsolidasi 10 tahun diperoleh 1,622 m. Dengan lama waktu yang dibutuhkan hingga akhir konstruksi adalah 254 hari. Untuk nilai SF yang didapat menunjukkan bahwa permodelan memiliki nilai SF diatas 1,5.

Kata Kunci : *Konsolidasi, Vakum, PLAXIS, Penurunan, SF*

Abstract

In construction activities in the city of Semarang, there are often problems regarding the construction of construction on soft soil areas, the cause is caused by low bearing capacity, permeability, shear strength and large settlement rates. With the development of technology in the field of soil improvement and reinforcement, especially in soft soil, one of the efforts that can be used to maximize soil improvement and decrease consolidation quickly and effectively is to use the vacuum consolidation method. The purpose of writing this final project is to obtain comparative analysis results on PLAXIS V8.6 and PLAXIS V20 programs.

In this final project, analysis is carried out with the help of PLAXIS V8.6 and PLAXIS V20 programs, to compare and predict the process of vacuum consolidation that occurs. With the same modeling in both PLAXIS programs, we found a difference, where in PLAXIS V8.6 there is no vacuum installation feature which results in different output results from the two programs.

Based on modeling using the PLAXIS V8.6 program, the decrease that occurred after 10 years of consolidation was obtained to be 3.23m. Whereas in modeling using the PLAXIS V20 program, the decline that occurred after 10 years of consolidation was obtained 1.622 m. With the length of time required until the end of construction is 254 days. The SF value obtained shows that the modeling has an SF value above 1.5.

Keywords: Consolidation; Vacuum; PLAXIS; Displacement; SF

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi konstruksi berkembang dengan pesat di dalam maupun diluar negeri, hal ini dapat kita amati dari banyaknya pekerjaan konstruksi berupa bangunan gedung, jalan ataupun bangunan air. Perkembangan ini tidak luput dari penemuan masalah, salah satunya adalah permasalahan pada tanah dimana tanah merupakan tempat bertumpunya bangunan yang berdiri diatasnya, sehingga pengolahan tanah menjadi hal mendasar dari keberhasilan suatu bangunan. Permasalahan yang sering ditemukan oleh perencana adalah penentuan pondasi pada daerah dengan nilai daya dukung tanah yang rendah, hal ini terjadi apabila suatu bangunan akan didirikan diatas tanah lunak, dengan begitu pembangunan dapat menimbulkan kerugian apabila pengolahan tanah yang tidak tepat dan kemungkinan timbulnya ancaman keselamatan konstruksi apabila struktur tidak dapat menahan beban dan tidak dapat berdiri dengan baik sehingga berpotensi kerobohan.

Dalam kegiatan konstruksi pembangunan di kota Semarang, kerap ditemui masalah mengenai pembangunan konstruksi di atas kawasan tanah lunak, penyebabnya diakibatkan oleh daya dukung, permeabilitas, kuat geser yang rendah serta angka penurunan yang besar. Perkuatan dan perbaikan tanah adalah suatu upaya yang dilakukan untuk menaikkan kualitas karakteristik tanah, hasil dari meningkatnya parameter kuat geser dan daya dukung tanah dapat digunakan untuk menahan suatu beban struktur yang dibangun diatasnya dengan deformasi yang diizinkan.

Dengan berkembangnya teknologi dalam bidang perbaikan dan perkuatan tanah terlebih pada tanah lunak, salah satu upaya yang bisa digunakan untuk memaksimalkan perbaikan tanah dan penurunan konsolidasi yang cepat dan efektif adalah dengan menggunakan metode konsolidasi vakum (*Vacuum Consolidation*).

Prinsip metode konsolidasi vakum adalah dengan menyedot udara lewat pipa horizontal yang tersambung pada pipa vertikal / vertikal drain yang sudah tertanam di dalam tanah, sehingga memungkinkan mempercepat proses konsolidasi pada tanah lunak.

Dan bantuan aplikasi PLAXIS ini diharapkan dapat membantu dalam memprediksi proses berlangsungnya konsolidasi vakum itu sendiri, seperti distribusi tekanan air pori akibat adanya *suction* dari pompa vakum (*Vacuum Pump*) yang selama ini hanya dapat diketahui melalui pengamatan dan pengukuran langsung di lapangan, serta analisis ini dapat memperhitungkan deformasi yang terjadi baik secara vertikal maupun horizontal dan juga untuk mengetahui berapa nilai keamanan yang terjadi pada lereng timbunan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka penulis dapat membuat uraian rumusan masalah seperti berikut :

1. Berapakah nilai penurunan tanah (*settlement*) dengan perbaikan tanah lunak menggunakan metode *Vacuum Consolidation* pada analisis PLAXIS V.8.6 dan PLAXIS V.20?
2. Berapa jumlah waktu yang dibutuhkan dalam proses konsolidasi untuk mendapatkan penurunan yang dibutuhkan menggunakan PVD dan Vakum ?
3. Berapakah nilai tekanan air pori (*Excess Water Pore Preassure*) dengan perbaikan tanah lunak menggunakan metode *Vacuum Consolidation* pada analisis PLAXIS V.8.6 dan PLAXIS V.20 ?
4. Berapa angka keamanan (*Safety Factor*) perbaikan tanah lunak dengan metode *Vacuum Consolidation* pada analisis PLAXIS V.8.6 dan PLAXIS V.20 ?
5. Bagaimana perbedaan pemrograman pada kedua versi PLAXIS ?

1.3 Maksud dan Tujuan

Berdasarkan latar belakang serta rumusan masalah di atas, maka didapat maksud dan tujuan penelitian sebagai berikut :

1. Mendapatkan hasil penurunan tanah akibat proses konsolidasi vakum.
2. Mengetahui jumlah waktu penurunan tanah yang dibutuhkan dalam proses konsolidasi menggunakan PVD dan Vakum.
3. Mendapatkan nilai tekanan air akibat proses konsolidasi vakum.
4. Mengetahui nilai keamanan pada perbaikan tanah lunak menggunakan PVD dan Vakum.
5. Mengetahui perbandingan antara program PLAXIS V.20 dengan program PLAXIS V.8.6.

1.4 Batasan Penulisan

Agar penelitian ini dapat terarah dan terencana, maka diperlukan batasan-batasan masalah guna membatasi ruang lingkup penelitian, sebagai berikut :

1. Perhitungan pemadatan tanah menggunakan program PLAXIS.
2. Membuat table hasil penurunan setiap tahapan pekerjaan.
3. Data-data yang dipakai adalah nilai N-SPT, bor log dari hasil penyelidikan tanah di lapangan dan data-data dari berbagai literature yang bersangkutan dengan perencanaan.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari Tugas Akhir ini :

1. Bagi ilmu pengetahuan
Penelitian ini untuk mengembangkan penelitian sebelumnya dengan memadukan kondisi yang ada di lapangan. Hasil penelitian ini akan mendapatkan rekomendasi/kesimpulan baru untuk dapat dikembangkan lagi di waktu yang akan datang.
2. Bagi perusahaan
Perusahaan akan terbantu dengan hasil penelitian ini, karena dari penelitian ini akan mendapatkan jumlah waktu yang dibutuhkan untuk penurunan tanah menggunakan konsolidasi vakum dengan bantuan aplikasi PLAXIS V.20.
3. Bagi peneliti

Penelitian ini sangat bermanfaat dan memberikan tambahan wawasan ilmu khususnya penggunaan aplikasi PLAXIS dan pemahaman metode konsolidasi vakum pada tanah dengan nilai daya dukung yang rendah.

1.6 Sistematika Penulisan

Pembuatan Tugas Akhir ini ada beberapa bab sebagai berikut:

BAB I: PENDAHULUAN

Pada bab ini terdapat penyusunan laporan tugas akhir yang berisi latar belakang, rumusan masalah, maksud dan tujuan, batasan penulisan, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini berisikan tinjauan pustaka mengenai tanah, teori konsolidasi, penggunaan metode konsolidasi vakum dan konsep yang berhubungan dengan pembahasan penelitian tugas akhir ini.

BAB III: METODOLOGI

Dalam bab ini menguraikan pembahasan studi pustaka, pengumpulan data, analisis data dengan melakukan pengolahan data yang telah didapat untuk dilakukan analisis.

BAB IV: HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang hasil penelitian dan pembahasan dari tugas akhir ini,

BAB V: KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dan saran berdasarkan apa yang sudah dianalisis dalam tugas akhir ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

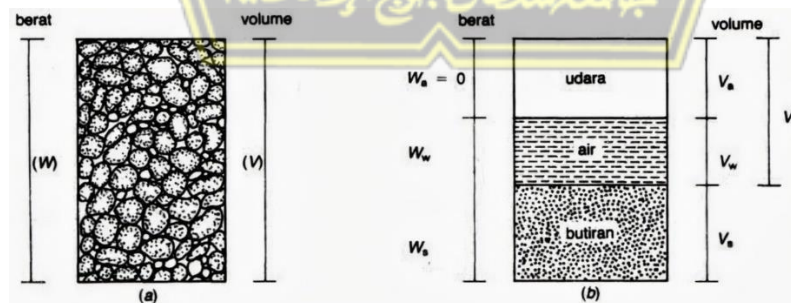
2.1 Tanah

2.1.1 Definisi Tanah

Tanah merupakan lapisan terluar dari permukaan bumi, dimana suatu bangunan berpijak di atasnya. Tanah pula memiliki peranan penting dalam suatu pekerjaan konstruksi yaitu sebagai pondasi pendukung dari suatu bangunan, sehingga kekuatan tanah dalam menopang bangunan di atasnya sangat mempengaruhi keberhasilan suatu proyek konstruksi bangunan.

Pengertian tanah menurut pandangan teknik sipil dalam buku mekanika 1 karangan hary, menyebutkan bahwa tanah adalah himpunan mineral, bahan organik dan endapan-endapan yang *relative* lepas (*loose*) yang letaknya berada di atas batuan dasar. Ikatan antar butir yang *relative* lemah diakibatkan adanya bahan-bahan *organic* yang berada diantara partikel yang diisi oleh udara, air atau bahkan keduanya.

Dejalaskan pula bahwa dalam satu gumpal tanah terdiri dari dua atau bahkan tiga bahan. Apabila gumpalan tanah tersebut kering maka terdiri dari tanah dan pori-pori udara sedangkan pada gumpalan tanah jenuh maka terdiri dari tanah, pori udara dan air.



Gambar 2. 1 Diagram fase tanah (Hardiyatno, H. C., 2002)

2.1.2 Klasifikasi tanah

Untuk mengetahui klasifikasi tanah, biasanya dapat ditentukan dengan melihat dari ukuran butirannya yaitu tanah butiran kasar atau tanah berbutir halus. Untuk tanah berbutir kasar diklasifikasikan menjadi kerikil dan pasir. Sedangkan tanah berbutir halus dibedakan menjadi dua yaitu lanau dan lempung, apabila dilihat secara kasat mata tidak ada perbedaan dari keduanya, maka dari itu untuk membedakannya dilihat saat tanah tersebut dalam keadaan basah, nilai plastis yang lebih rendah bisa jadi tanah tersebut termasuk tanah lanau karena lanau biasanya memiliki nilai plastis yang lebih kecil dibandingkan lempung.

1. Kerikil

Kerikil memiliki kisaran ukuran sekitar 60-2 mm, kerikil ini adalah hasil pelapukan batu hasil proses fisik. kerikil ini pun kadang kali terbawa pindah hanyut oleh air, akibat gesekan yang terjadi saat perpindahan tersebut sehingga bentuknya kadang kali menjadi bulat.

2. Pasir

Butiran pasir ini biasanya berukuran 2-0,06 mm, pasir ini dapat dilihat dengan mata telanjang dan apabila diraba terasa kasar. Tanah yang mengandung banyak jumlah pasir biasanya sangat mudah untuk dialiri air, karena sifat pasir yang sukar menyerap air.

3. Lanau

Lanau memiliki ukuran yang cukup kecil yaitu sekitar 0,06 - 0,002 mm, dari segi fisik dan kimia lanau memiliki karakter yang mirip seperti pasir, yang membedakan adalah ukurannya yg lebih kecil. Tanah yang dominan dengan tanah lanau sangat rawan terjadi pembekuan. Hal ini adalah kelebihan dan keuntungan sendiri bagi perencana karena dengan sifatnya tersebut didapat nilai permeabilitas yang tinggi, sehingga nilai konsolidasinya pun lebih kecil.

4. Lempung

Tanah lempung adalah hasil pelapukan disika dan kimia yang melalui proses yg rumit, dimana pada proses kimia ini mengubah mineral pada batuj menjadi mineral lain yang sangat berbeda sifatnya, dari sifat baru itulah didapatkan sifat khusus yaitu kohesi dan plastisitas. Jenis tanah lempung yang paling terkenal adalah kaolinite, illite dan montmorillonite, dan jenis montmorillonite adalah jenis tanah yang memiliki sifat teknik yang buruk karena menyebabkan kerusakan pada pondasi akibat pengembangan dan penyusutan, untuk ukurannya biasanya berukuran kurang dari 0,002 mm.

Karakteristik yang dimiliki oleh lempung tidaklah sama dengan jenis tanah lainnya, selain butirannya yang sangat halus, sifatnya yang plastis atau kemungkinann suatu material dapat berubah bnetu dengan mudah yang dimiliki oleh lempung. Tanah lempung berasal dari hasil pembusukan kimiawi unsur-unsur penyusun batuan, tanah jenis ini akan sangat keras dan susah untuk hancur dengan menggunakan tangan dalam keadaan kering sedangkan pada saat basah material ini akan mengembang dan menyusut sangat cepat, jenis tanah yang seperti inilah yang sangat dihindari oleh seorang perencana karena butuh waktu untuk mengompakkan tanahnya.

Pengklasifikasi tanah sangatlah dibutuhkan oleh seorang perencana, kegunaan dari pengklasifikasi ini adalah untuk mengetahui jenis tanah apa yang seharusnya menjadi tanah dasar, tanah urug dan tanah yang harus dibuang, selain itu pengklasifikasian ini digunakan untuk pengidentifikasi permasalahan-permasalahan pada tanah, salah satunya adalah penentuan penurunan bangunan.

2.2 Tanah lunak

2.2.1 Definisi Tanah Lunak

Pengertian tanah lunak menurut bina marga (1999) dan Rachlan (1986), disebutkan bahwa tanah lunak merupakan tanah yang umumnya terdiri dari tanah lempung termasuk material pondasi yang sangat jelek karena kadar air yang tinggi, permeabilitas

rendah dan sangat *compressible*. Tanah yang secara visual dapat ditembus dengan ibu jari minimum (*plus minus*) 25 mm, atau mempunyai kuat geser 40 kPa berdasarkan uji geser baling lapangan. Menurut Seotjiono (2008) dan Pasaribu (2008), disebutkan bahwa tanah lunak adalah tanah yang bersifat lemah, secara ilmiah terbentuk dari proses pengendapan sebagai lapisan alluvial, biasanya terdapat di datraan alluvial, yang sangat kompresif dan kuat gesernya rendah, yang mana kuat geser undrained lapangan kurang dari 40 kPa dan kompresibilitas tinggi.

Pada panduan geoteknik 1, 2001 dijelaskan bahwa penggunaan istilah “tanah lunak” berkaitan dengan tanah-tanah yang tidak dikenali dan diselidiki secara teliti dapat menyebabkan masalah ketidakstabilan dan penurunan jangka Panjang yang tidak dapat ditolerir, tanah tersebut mempunyai kuat geser yang rendah dan kompresibilitas yang tinggi. Jenis tanah yang termasuk tanah lunak ini adalah lempung lunak dan gambut.

1. Lempung lunak

Lempung lunak merupakan jenis tanah dengan kandungan mineral lempung dan kadar air yang tinggi, sehingga nilai kuat geser yang rendah. Dalam ilmu geoteknik istilah “lunak” dan “sangat lunak” khusus diberikan kepada jenis tanah lempung.

2. Gambut

Tanah gambut merupakan tanah yang terbentuk dari hasil pembusukan sisa-sisa tumbuhan. Tanah ini termasuk kedalam tanah *organic*, secara visual terlihat sebagai massa berserat menagndung kekayuan, biasanya berwarna gelap dan berbau tumbuhan membusuk. Tanah ini mengandung bahan organik yang tiggi dan mempunyai kuat geser yang rendah, mudah mampat dan bersifat asam yang dapat merusak material bangunan. Meskipun demikian, dengan berbagai alasan dan pertimbangan pekerjaan konstruksi diatas endapan gambut sering terpaksa dilakukan, terutama untuk pembangunan daerah pemukiman dan juga bandara yaitu *run way* atau lalu lintas pacu (Nugroho, 2003).

2.2.2 Sifat tanah lunak

Sifat dari tanah lunak adalah gaya gesernya kecil, kemampatannya besar, koefisien permeabilitas kecil dan mempunyai daya dukung rendah jika membandingkannya dengan tanah lempung lainnya. Menurut Suyono (1984) tanah lunak secara umum mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:

1. Gaya gesernya kecil;
2. Kemampatan yang besar;
3. Permeabilitas tinggi;
4. Tanah lunak memiliki sifat kompresibilitas yang sangat tinggi. Salah satu faktor yang menyebabkan tingginya tingkat kompresibilitas pada tanah lunak adalah karena tanah jenis ini memiliki angka pori yang tinggi; dan
5. Memiliki kadar air yang tinggi sehingga menyebabkan tanah lunak memiliki daya dukung yang sangat rendah dan memiliki masalah penurunan yang besar selama dan setelah konstruksi dibangun. Kadar air tanah lunak bervariasi tergantung pada kenaikan dari tingkat plastisitas dan struktur tanah tersebut. tanah lunak dipengaruhi oleh presentase kadar air (Holtz, 1956).

Berdasarkan uji lapangan, tanah lunak secara fisik dapat diremas dengan mudah oleh jari-jari tangan. Braja M. Das (1995) menyatakan bahwa nilai hasil pengujian di lapangan dan di laboratorium akan menunjukkan bahwa tanah tersebut lunak apabila:

koefisien rembesan (k) sangat rendah $\leq 0,0000001$ cm/detik, batas cair (LL) $\geq 50\%$, angka pori e antara 2,5 – 3,2, kadar air dalam keadaan jenuh antara 90% – 120% dan berat spesifik (G_s) berkisar antara 2,6 – 2,9.

2.2.3 Permasalahan pada tanah lunak

Tanah lunak sebagai pendukung bangunan infrastruktur di atasnya, tanah lunak harus memiliki daya dukung yang tinggi, akibat pemampatan besar yang berlangsung *relative* lama. Apabila tanah lunak tidak diperbaiki terlebih dahulu sebelum dilakukan pekerjaan di atasnya maka tanah akan berpotensi mengalami kerusakan sebelum

mencapai umur konstruksi yang ditargetkan. Bentuk-bentuk permasalahan tanah lunak yang mungkin timbul adalah :

1. Mengganggu stabilitas timbunan

Daya dukung tanah berkaitan dengan kuat tidaknya tanah dapat menopang beban yang berada di atasnya. Daya dukung tanah ini dipengaruhi oleh jumlah banyaknya air yang terdapat di dalamnya, kohesi tanah, sudut geser dalam dan tegangan normal tanah. Rendahnya nilai daya dukung tanah dapat menyebabkan ke tidak stabilan dari timbunan.

2. Penurunan permukaan yang besar

Salah satu permasalahan utama pada tanah lunak dalam suatu pekerjaan konstruksi adalah penurunan tanah yang besar. Penurunan yang besar tersebut disebabkan oleh penurunan konsolidasi pada tanah bawahnya (*subsoil*). Kemampuan tanah lunak untuk mendukung timbunan tanpa terjati keruntuhan geser atau penurunan yang berlebih sangat bergantung dari kuat gesernya (Rachlan,1986; Nugroho,2011). Salah satu bentuk penurunan ini adalah terjadinya kelongsoran karena kurangnya atau tidak meratanya penurunan permukaan.

3. Hilangnya keseimbangan tanah

Mekanisme kehilangan keseimbangan dapat terjadi pada tanah dengan daya dukung rendah, hal ini terjadi akibat beban berat tanah itu sendiri

2.2.4 Penyelidikan tanah lunak

Penyelidikan tanah dilakukan agar dapat melakukan analisis geoteknik, tuuannya agar dapat mendapatkan data-data tanah bawah permukaan yang akurat dan lengkap sehingga perencana dapat merencanakan bangunan dengan baik. Penyelidikan tanah ini ada yan dilakukan langsung di lapangan ada juga yang dilakukan uji laboratorium dari tanah yang diambil dilapangan melalui uji boring.

Penyelidika tanah dilapangan ada banyak jenisnya, mulai dari pemboran (boring) dangkal hingga dalam, sumur uji (test pit), uji penetrometer, pocket penetrometer test,

uji sondir (cone penetration test = CPT), California bearing test (CBR) dan lain sebagainya. Sebagai contoh pengujian dilapangan yang paling umum dipakai adalah pemboran tanah (boring) dan sondir (CPT), keduanya merupakan pengujian tanah yang paling umum dan cukup akurat untuk tanah berlempung.

1. Pemboran tanah (boring) dilakukan dengan cara membuat lubang kedalam tanah dengan menggunakan alat bor mesin maupun manual, yang bertujuan :
 - Mengidentifikasi jenis tanah disepanjang kedalaman lubang bor
 - Mengambil contoh tanah pada kedalaman yang dikehendaki
 - Memasukkan alat uji penetrasi baku (SPT) pada kedalaman yang dikehendaki
 - Memasukkan alat uji lainnya kedalam tanah, misalnya uji rembesan lapangan, uji presuremeter, pengukuran tekanan air pori dan lain-lain.
2. Sondir atau uji CPT dilakukan dengan memberikan tekanan konus(q_c) dan hambatan lekat (f_s) yang dapat dikorelasikan ke parameter tanah yang lain seperti undrained strength (C_u). Kompresibilitas (cc), elastisitas tanah (E_s) dan memperkirakan jenis lapisan tanah dan parameter lainnya.

Penyelidikan tanah di laboratorium biasanya bertujuan untuk mengetahui sifat fisik tanah (w , γ , e , n , G_s , S_r), sifat plastisitas tanah ($LL, PL, PI, SL, SI, Ac, LI$), sifat konsolidasi tanah ($m_v, C_c, C_r, C_s, C_a, C_v, P_c$), sifat kuat geser tanah (c, ϕ, c', ϕ' , S_u, q_u, S_t, E_s), sifat compaction tanah timbunan ($\gamma_{mak.}$, OMC, CBR, R_d).

Hasil pengujian di lapangan dan di laboratorium itu akan dipakai sebagai data input desain untuk timbunan tanah, rekayasa bangunan sipil pada struktur bawah, dll.

2.3 Penurunan Tanah

Salah satu permasalahan utama pada tanah lunak dalam suatu pekerjaan konstruksi adalah penurunan tanah yang sangat besar. Jika lapisan tanah dibebani, maka akan mengalami regangan atau penurunan (*settlement*). Lapisan tanah yang diberi beban diatasnya akan mengakibatkan adanya tegangan pada lapisan tanah yang berada dibawahnya. Pembebanan ini akan mengakibatkan deformasi terhadap partikel tanah karena keluarnya air pori tanah yang disertai dengan berkurangnya volume pada tanah.

Dalam suatu penurunan akan diketahui kecepatan yaitu apakah akan lekas selesai atau akan terus berjalan bertahun-tahun lamanya. Kecepatan penurunan bergantung pada dua faktor :

1. Daya rembesan tanah (*permeability*). Ini yang menentukan kecepatan air mengalir dari tanah.
2. Compressibility tanah. Ini akan menentukan banyaknya air yang harus mengalir.

Selain karena adanya beban luar (contoh : *preloading*) penurunan dapat juga terjadi karena beberapa hal berikut (Stamatopoulos, 1985) :

1. Konsolidasi karena berat sendiri tanah.
2. Berkurangnya kadar air tanah, baik secara alami atau karena proses industri.
3. Naik turunnya muka air tanah.
4. Bahan kimia.
5. Pembusukan organik, baik secara alami maupun karena penambahan bahan tambah.
6. Pemompaan air, minyak maupun gas alam.
7. Gempa bumi, ledakan, atau getaran.
8. Tekanan karena penggalian didekatnya atau karena adanya konstruksi terowongan
9. Pergerakan tektonik.
10. Erosi maupun longsor.

Dalam ilmu Geoteknik, dikenal tiga jenis penurunan tanah, yaitu :

- Penurunan Seketika (*Immediate Settlement*)
- Penurunan Konsolidasi / Primer (*Consolidation Settlement*)
- Penurunan Rangkak / Sekunder (*Creep/Secondary Settlement*)

Penurunan tanah seketika merupakan penurunan yang terjadi seketika saat beban diberikan. Pada tanah jenuh air dan permeabilitas rendah, beban yang bekerja diterima sepenuhnya oleh tegangan air pori. Pada tanah dengan permeabilitas tinggi, tegangan air pori yang terjadi muncul hanya sebentar karena tegangan air pori ini terdisipasi dengan cepat. Deformasi yang terjadi pada tanah tidak disertai dengan perubahan

volume. Perhitungan untuk penurunan seketika ini didasarkan pada hukum elastisitas material. (contoh, hukum Hooke).

Penurunan konsolidasi adalah penurunan pada tanah kohesif yang diakibatkan terdisipasinya tegangan air berlebih di dalam tanah, dan akhirnya menghasilkan perubahan dari segi volume. Jenis penurunan ini terjadi bersama dengan waktu yang berlalu. Tegangan air pori berlebih di transfer menuju partikel tanah menjadi tegangan efektif ($\sigma' = \sigma - u$). Saat tegangan air pori berlebih ini = 0, penurunan konsolidasi sudah selesai dan tanah berada dalam keadaan *Drained*.

Penurunan sekunder merupakan penurunan yang terjadi setelah penurunan konsolidasi. Penurunan ini terjadi seiring dengan waktu berlalu dan biasanya terjadi sangat lama setelah beban mulai bekerja, di mana partikel tanah mengalami *creep*. Penurunan ini terjadi saat semua tegangan air pori berlebih di dalam tanah telah terdisipasi dan saat tegangan efektif yang terjadi berada dalam keadaan konstan.

Dengan demikian, penurunan total dari suatu tanah yang dibebani adalah:

$$St = Si + Sc + Ss \quad (2.1)$$

Keterangan :

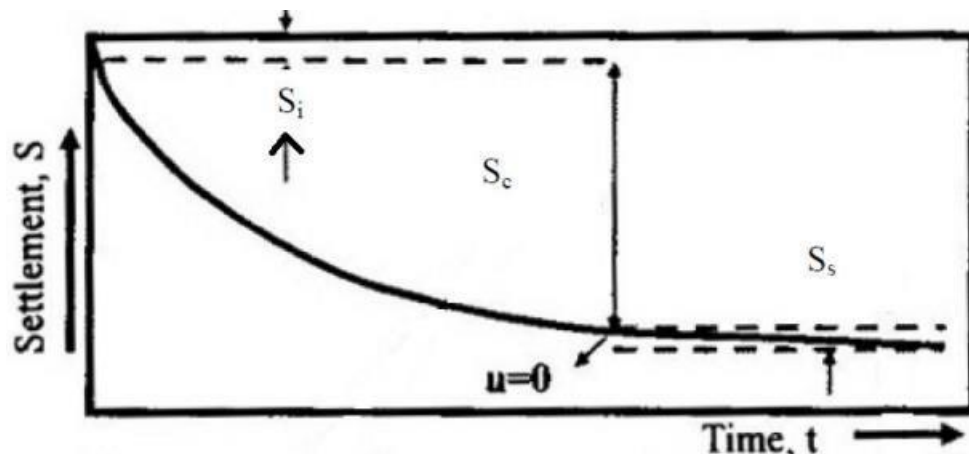
St : Penurunan Total (cm)

Si : Penurunan Seketika (*Immediate Settlement*) (cm)

Sc : Penurunan Konsolidasi (*Consolidation Settlement*) (cm)

Ss : Penurunan Sekunder (*Creep/Secondary Settlement*) (cm)

Dengan kata lain, penurunan sekunder terjadi ketika penurunan konsolidasi selesai, yaitu pada saat tegangan air pori berlebih, U , sama dengan nol.



Gambar 2. 2 Grafik Hubungan Antara Penurunan dengan Waktu (Gouw, 2010)

Terlihat bahwa penurunan tanah sebagian besar terjadi pada saat penurunan konsolidasi. Dan pada fase ini pula, tanah mengalami peningkatan kekuatan dan stabilitas.

2.4 Konsolidasi Tanah

2.4.1 Pengertian Konsolidasi

Bila lapisan tanah jenuh berpermeabilitas rendah dibebani, maka tekanan air pori di dalam lapisan tersebut segera bertambah. Perbedaan tekanan air pori pada lapisan tanah, berakibat air mengalir ke lapisan tanah dengan tekanan air pori yang lebih rendah, yang diikuti penurunan tanahnya. Karena permeabilitas yang rendah ini membutuhkan waktu yang cukup lama.

Konsolidasi tanah adalah suatu proses pengecilan volume secara perlahan-lahan pada tanah jenuh sempurna dengan permeabilitas rendah akibat pengaliran sebagian air pori. Proses tersebut berlangsung terus sampai kelebihan tegangan air pori yang disebabkan oleh kenaikan tegangan total telah benar-benar hilang (Craig,1994:213). Dengan kata lain, pengertian konsolidasi adalah proses terperasnya air tanah akibat bekerjanya beban, yang terjadi sebagai fungsi waktu karena kecilnya permeabilitas tanah. Proses konsolidasi dapat diamati dengan pemasangan piezometer, untuk

mencatat perubahan tekanan air pori dengan waktunya. Besarnya penurunan dapat diukur dengan berpedoman pada titik referensi ketinggian pada tempat tertentu.

Ada dua jenis penurunan konsolidasi, yaitu konsolidasi normal (*Normally Consolidated, NC*) dan konsolidasi berlebih (*Over Consolidated, OC*).

2.4.2 Penurunan Konsolidasi

Untuk menghitung besarnya penurunan konsolidasi dengan menggunakan nilai m_v dan p , maka pada sembarang kedalaman lapisan yang ditinjau nilai keduanya dihitung, dan penurunan ditentukan dari penambahan secara aljabar dari penurunan tiap lapisannya. Nilai tambahan tegangan p dapat ditentukan dengan memperhatikan penyebaran beban pada tiap lapisan yang ingin ditinjau. Penurunan total adalah jumlah dari penurunan tiap lapisannya, yaitu dari jumlah ($m_v \cdot p \cdot dh$). Untuk tanah yang terkonsolidasi normal (*normally consolidated*), besarnya penurunan dihitung dengan persamaan:

$$S_c = C_c \frac{H}{1+e_0} \log \frac{p_2'}{p_1'} \quad (2.2)$$

$$S_c = C_c \frac{H}{1+e_0} \log \frac{p_0' + \Delta p}{p_0'} \quad (2.3)$$

H adalah tebal lapisan mampat yang ditinjau, p_1' dan p_2' adalah tegangan yang terjadi pada lapisan tanah di mana, $p_2' > p_1'$. Penurunan untuk lempung *normally consolidated* dengan tambahan tegangan efektif sebesar $p_1' = p_0' + \Delta p$, dinyatakan oleh persamaan :

Dimana :

S_c = Penurunan konsolidasi (m)

C_r = Indeks pemampatan kembali

C_c = Indeks pemampatan

H = Tebal lapisan tanah (m)

p_0' = Tekanan overburden efektif mula – mula (t/m²)

Δp = Tambahan tegangan (t/m²)

e_0 = Angka pori awal

2.4.3 Koefisien Konsolidasi Arah Vertikal (C_v)

Koefisien konsolidasi vertikal (C_v) yaitu untuk menentukan kecepatan pengaliran air pada arah vertikal yang terjadi dalam tanah. Karena pada umumnya konsolidasi berlangsung satu arah saja, yaitu adalah arah vertikal, maka koefisien konsolidasi sangat berpengaruh terhadap kecepatan konsolidasi yang akan terjadi pada tanah.

Harga C_v dapat dicari mempergunakan persamaan berikut ini :

$$C_v = \frac{T_v \cdot H^2}{t} \quad (2.4)$$

Dimana :

C_v = koefisien konsolidasi (cm^2/dtk)

T_v = faktor waktu tergantung dari derajat konsolidasi

T = waktu yang dibutuhkan untuk mencapai derajat konsolidasi $U\%$ (dtk)

H = tebal tanah (cm)

2.4.4 Derajat Konsolidasi

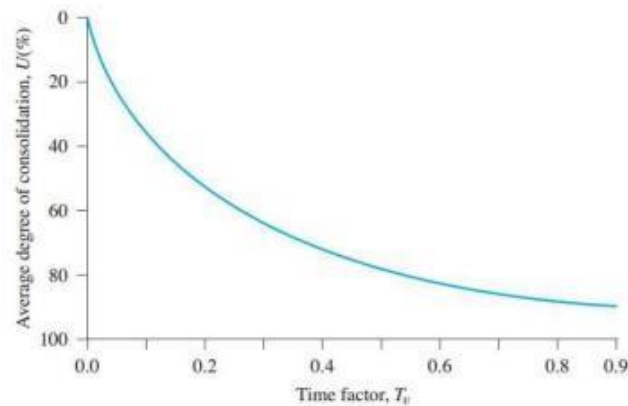
Derajat konsolidasi tanah (U) adalah suatu perbandingan penurunan tanah pada waktu tertentu dengan penurunan tanah total. Untuk $U \leq 60\%$ maka :

$$T_v = \frac{\pi}{4} \left(\frac{U\%}{100} \right) \quad (2.5)$$

Untuk $U > 60\%$ maka :

$$T_v = 1,781 - 0,933 \log (100 - U\%)$$

Untuk nilai faktor waktu dapat digunakan grafik berikut :



Gambar 2. 3 Grafik Hubungan Time Faktor dengan Konsolidasi (Braja, 2009)

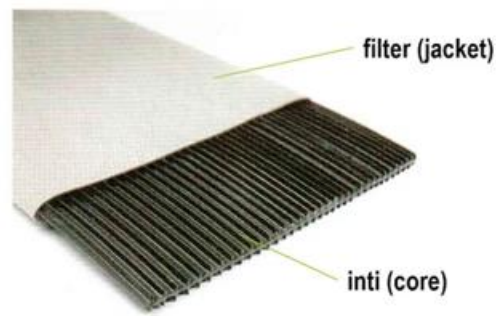
2.5 Prefabricated Vertical Drains (PVD)

Penggunaan PVD merupakan salah satu cara dalam mengatasi masalah tanah dasar lunak, yaitu dengan kinerja pemampatan pada bahan-bahan pembentuknya sehingga dapat mempercepat waktu penurunan. PVD merupakan semacam material geosintesis yang telah melalui berbagai macam uji dari pabrik produksi. Pemasangan material ini dimulai dengan memasang sepatu pelat pada ujung mandrel kemudian memasukkan mandrel kedalam tanah sampai kedalam yang telah direncanakan. Setelah mencapai kedalaman yang direncanakan mandrel ditarik keatas permukaan tanah kemudian dilakukan pemotongan PVD diatas permukaan tanah dengan menyisakan ujung atas sesuai dengan yang telah direncanakan.

2.5.1 Bentuk dan Fungsi PVD (Prefabricated Vertical Drain)

a. Bentuk PVD (Prefabricated Vertical Drain)

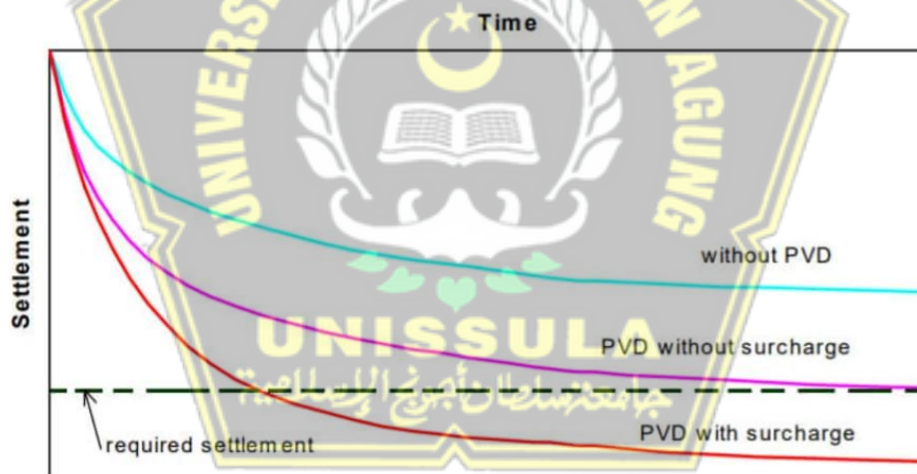
PVD (*Prefabricated Vertical Drain*) berbentuk pipih memanjang terdiri dari inti (*core*) dan dibungkus dengan filter (*jacket*).



Gambar 2. 4 Sketa dan Bentuk dari PVD (<https://www.geosinindo.co.id>, 2023)

b. Perbandingan menggunakan PVD (*Prefabricated Vertical Drain*)

Prefabricated Vertical Drain (PVD) digunakan untuk mempercepat proses waktu konsolidasi primer. Dengan melihat grafik pada gambar 2.4 di bawah ini, cobalah bandingkan penurunan tanah yang terjadi pada pengurugan tanah yang menggunakan PVD dan yang tidak menggunakan PVD.



Gambar 2. 5 Grafik Perbandingan Penurunan Tanah yang Menggunakan PVD dan Tidak Menggunakan PVD (<https://www.geosinindo.co.id>, 2023)

Setelah mengamati grafik perbandingan penurunan tanah pada gambar 2.10 di atas, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa tanah yang menggunakan PVD mengalami penurunan (*settlement*) yang lebih cepat, hal ini disebabkan air pori yang berada dalam tanah terhisap keluar dengan bantuan PVD dan ditambah dengan pembebanan

sementara sebelum bangunan / jalan dioperasikan sehingga penurunan nya lebih cepat dibandingkan dengan penurunan yang tidak menggunakan PVD dan hanya mengandalkan beban dari atas saja. Selain itu dengan penurunan tanah yang lebih cepat dengan menggunakan bantuan PVD dan pembebanan dari atas (preloading) diharapkan pada saat bangunan sudah mulai dioperasikan / di gunakan, sudah tidak terjadi penurunan (*settlement*) lagi dan kalau pun terjadi penurunan juga sedikit dan masih dalam batas aman / masih dalam batas yang diijinkan.

2.5.2 Penggunaan PVD (*Prefabricated Vertical Drain*)

Menurut SNI 8460 tahun 2017 penentuan kedalaman PVD yang dipasang yaitu hingga tanah keras atau tanah lempung (*stiff clay*), yang tidak dapat lagi menimbulkan penurunan yang tidak dapat ditorelasi, dimana konsistensi nilai SPT tanahnya berkisar 10 – 25. PVD (*Prefabricated Vertical Drain*) digunakan pada pekerjaan perbaikan tanah dengan menggunakan metoda *Preloading* dan *Vacuum Consolidation*.

a. Metode *Preloading*

Pada metode *Preloading*, air pori di dalam tanah dikeluarkan dengan cara pembebanan (*Preload*) dengan menggunakan timbunan tanah.

b. Metode *Vacuum Consolidation*

Pada metode *vacuum consolidation*, air pori di dalam tanah dikeluarkan dengan cara pemompaan (*vacuum*) dan menggunakan lapisan kedap air.

c. Metode *Ceteau Vacuum System*

Pada metode *Ceteau Vacuum System*, air pori di dalam tanah dikeluarkan dengan cara pemompaan (*vacuum*) tanpa menggunakan lapisan kedap air.

2.6 Perbaikan Tanah Menggunakan Metode *Preloading*

Metode *Preloading* konvensional atau yang biasa disebut prabeban merupakan sebuah metode untuk memperbaiki masalah yang ditimbulkan tanah lempung lunak, namun pada proses pelaksanaanya metode ini sering mengalami permasalahan diantaranya adalah kelongsoran tanah timbunan. Selain itu metode ini juga memerlukan biaya yang besar dikarenakan perpindahan tanah timbunan yang harus di lakukan. Pada

pemodelan yang akan kami buat, kami menggunakan metode *vacuum consolidation* sehingga untuk beban preload kami hanya menggunakan tanah timbunan setinggi 1 meter, karena timbunan preload hanya sebagai beban tambahan dalam membantu pemercepat proses konsolidasi.

2.7 Perbaikan Tanah Menggunakan Metode Konsolidasi Vakum

Tanah lunak memerlukan perhatian khusus, terutama pada konstruksi yang membutuhkan kualitas tanah yang baik (daya dukung yang memadai dan kompresibilitas rendah). Tambahan preloading dengan PVD adalah salah satu teknik yang paling populer untuk perbaikan tanah yang melibatkan tanah lunak (Beales dan O'Kelly, 2008; Indraratna et al, 2010.). Pengaplikasian PVD ke dalam tanah dapat mengurangi panjang lintasan drainase, sehingga 21 mempercepat proses konsolidasi (Bo et al, 2003; Saowapakpiboon et al, 2010).

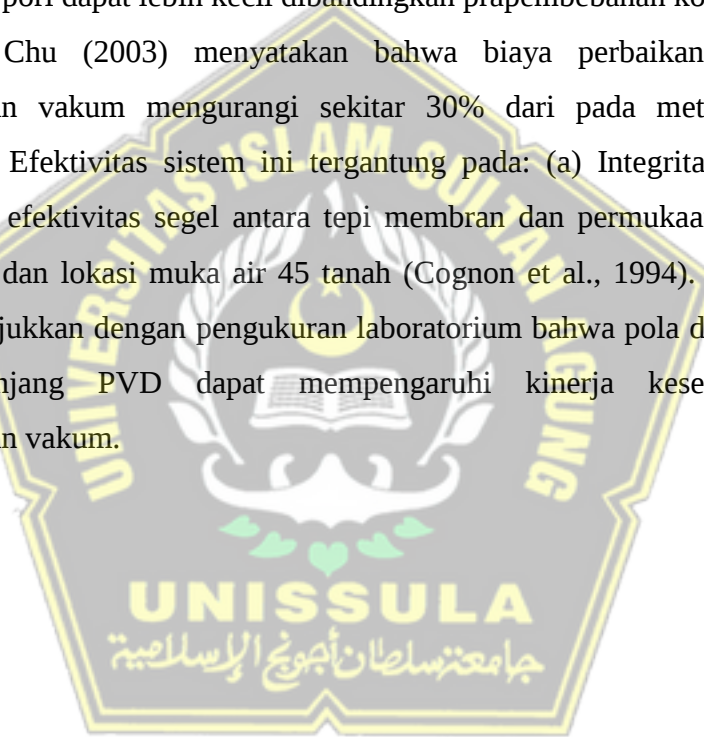
Namun, tambahan beban yang besar untuk melakukan konsolidasi tersebut menimbulkan permasalahan yang berkaitan dengan faktor keamanan terhadap ketidakstabilan lereng atau berpotensi terjadi 44 kegagalan geser. Dalam hal ini, penggunaan teknik konsolidasi vakum dalam hubungannya dengan tambahan preloading dan PVD dapat meningkatkan efisiensi perbaikan tanah (Chu et al, 2000; Indraratna, 2010; Mesri dan Khan, 2012). Teknik prapembebanan vakum, awalnya diusulkan oleh Kjellman (1952), lebih dari tiga dekade terakhir berkembang menjadi solusi efektif dalam hal biaya untuk proyek-proyek perbaikan tanah di seluruh dunia.

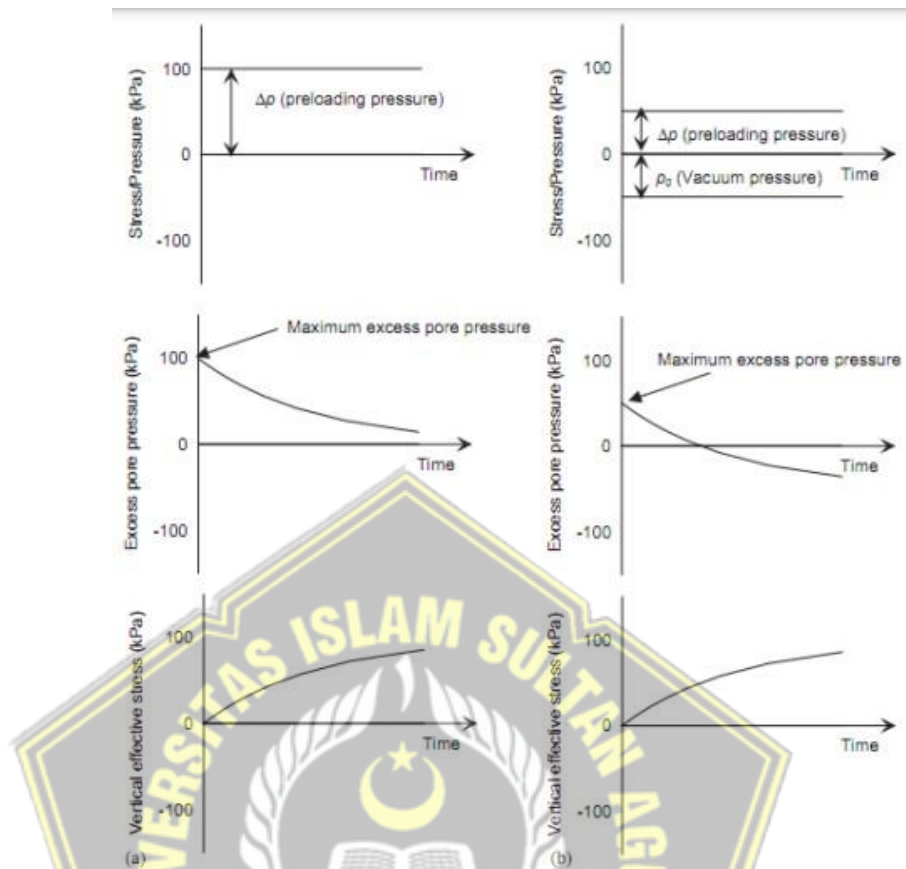
Konsolidasi vakum menerapkan tekanan vakum yang dimasukkan ke dalam tanah melalui PVD dan dianggap tidak terjadi kehilangan tekanan pada permukaan karena penyegelan membran. Pompa vakum menghasilkan tekanan negatif (terhadap atmosfer tekanan). Tekanan vakum sebesar 90 kPa dapat dicapai dalam prakteknya untuk tanah lempung lunak, meskipun nilai 80 kPa biasanya dipertimbangkan untuk desain (Chu et al., 2008).

Karakteristik prapembebanan vakum dibandingkan dengan prapembebanan konvensional adalah sebagai berikut (Qian et al, 1992.):

- a) Tegangan efektif dan suction meningkat secara bersamaan, dan pergerakan lateral yang sesuai dapat ditekan. Akibatnya, resiko kegagalan geser dapat diminimalkan
- b) Tekanan vakum dapat didistribusikan lebih dalam pada lapisan tanah dengan menggunakan Sistem PVD.
- c) Tambahan preloading dapat dikurangi untuk mencapai derajat konsolidasi yang sama, tergantung pada efisiensi sistem vakum (tidak terjadi kebocoran udara).
- d) Karena tambahan preloading lebih kecil dibanding metode konvensional, maka tekanan air pori dapat lebih kecil dibandingkan prapembebanan konvensional.

Yan dan Chu (2003) menyatakan bahwa biaya perbaikan tanah dengan prapembebanan vakum mengurangi sekitar 30% dari pada metode konsolidasi konvensional. Efektivitas sistem ini tergantung pada: (a) Integritas (kedap udara) membran, (b) efektivitas segel antara tepi membran dan permukaan tanah, dan (c) kondisi tanah dan lokasi muka air tanah (Cognon et al., 1994). Indraratna et al. (2004) menunjukkan dengan pengukuran laboratorium bahwa pola distribusi tekanan vakum sepanjang PVD dapat mempengaruhi kinerja keseluruhan sistem prapembebanan vakum.





Gambar 2. 6 Proses konsolidasi (a) Pembebanan konvensional (b) Vakum preloading dengan asumsi tidak ada kehilangan tekanan (Indraratna, 2005)

Pada prinsipnya, sistem konsolidasi vakum terdiri dari sistem drainase vertikal yang dipasang dari permukaan tanah sampai kedalaman yang ditentukan, permukaan sistem drainase termasuk media granular (lapisan pasir) dan saluran horisontal, serta pipa kolektor yang mengarah ke sistem pompa vakum untuk transmisi vakum pada tanah yang bertujuan untuk penghisapan air dan udara keluar dari massa tanah. Vakum menjadikan massa tanah terisolasi dari permukaan dengan menggunakan membran kedap udara.

1. Saluran vertikal

Dalam sistem konsolidasi vakum, jumlah saluran atau drainase yang dipasang vertikal dari permukaan tanah membentuk pola jaringan segitiga atau persegi pada jarak yang dipilih untuk kedalaman tanah yang telah ditentukan. PVD adalah jenis

yang paling populer digunakan untuk saluran vertikal dalam konsolidasi vakum saat ini.

Saluran drainase adalah salah satu hal yang paling penting dalam sistem konsolidasi vakum dalam hal teknis dan efektifitas biaya, pengembangan bahan drainase ini terus dilanjutkan. Jepang memperkenalkan bahan terbaru PVD yang sangat permeabel. Selain itu, mengingat dampak lingkungan, beberapa jenis saluran tersebut dapat terurai seperti saluran bambu (Singapura) dan saluran plastik (Jepang) yang diperkenalkan tapi masih tidak populer digunakan dalam konsolidasi vakum.

2. Drainase permukaan

Biasanya terdiri dari lapisan granular (umumnya lapisan pasir) dan sistem pipa kolektor berlubang dengan / tanpa saluran horisontal yang saling berhubungan. Saluran horizontal menghubungkan puncak vertikal drain ke pipa vakum utama. Jenis dan tata letak sistem drainase permukaan dapat dimodifikasi dalam berbagai sistem. Lapisan pasir umumnya 47 memiliki ketebalan 0.3-0.8m (tergantung pada permeabilitas pasir, jarak yang dipilih drainase vertikal dan mobilitas permukaan), meskipun kadang-kadang lebih tebal yang digunakan sebagai platform kerja. Kadang-kadang, lapisan pasir dihilangkan dan diganti dengan lapisan drainase geotekstil. Saluran horisontal memiliki beberapa jenis (pipa PVD bergelombang dan fleksibel atau saluran papan PVD), serta dalam hal pengaturan.

3. Teknik Pengisolasian Tekanan Vakum untuk Pengendalian Massa Tanah

Udara yang tersolasi dengan baik dari sistem sangat mempengaruhi tekanan vakum dicapai dan efisiensi sistem. Dalam praktek umum digunakan membran PVC kedap udara (2- 3 lapis) untuk menutupi seluruh area pengelolaan udara dan dilakukan pengelasan pada saluran di lapangan. Cina mengembangkan membran tunggal kedap udara lebih dari 100,000 m². Lapisan geotekstil dapat diletakkan di permukaan tanah sebelum diliputi oleh membran untuk menghindari kerusakan. Untuk menyelesaikan penyegelan tersebut, tepi membran yang dimasukkan dalam perifer parit yang digali dengan kedalaman minimal 0.5 m di bawah permukaan air tanah dan diisi dengan lapisan kedap lumpur

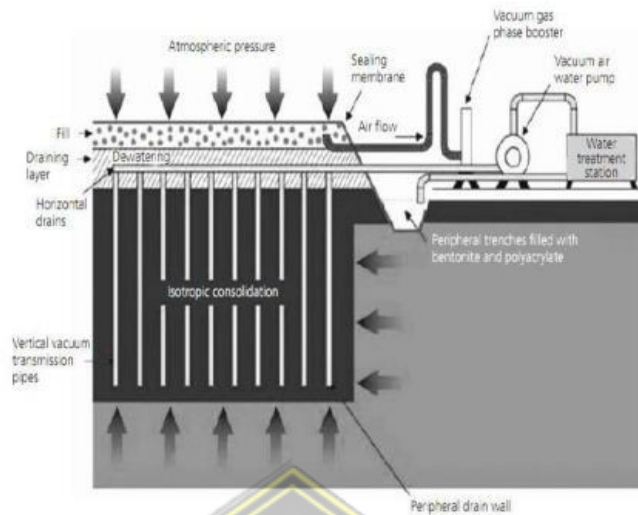
Selain itu, terdapat sistem lain yang digunakan untuk pengisolasian. Diantaranya teknik pemadatan lempung di atas parit untuk mempertahankan air/mengisi dibagian atas membran. Penempatan air ini berguna tidak hanya pada peningkatan pengisolasian sistem, tetapi juga dalam mencegah penuaan membran dan meminimalkan kerusakan, yang mempengaruhi adanya biaya tambahan.

4. Sistem Pompa Vakum

Umumnya, efisiensi sistem pompa vakum dilengkapi dengan pompa pembuangan yang digunakan untuk menyediakan suction untuk tanah dan pembuangan udara-air keluar melalui sistem pipa dan saluran air. Di Cina, pompa vakum umum telah diganti oleh pompa jet ϕ 48mm (7,5 kW) dengan 3HA-9 pompa air sentrifugal, yang dapat menghasilkan tekanan vakum yang lebih besar dari 90 kPa.

5. Instrumentasi

Dalam setiap sistem konsolidasi vakum, berbagai instrumentasi yang diperlukan untuk mengontrol sistem operasi serta untuk memantau kinerja pengelolaan termasuk tekanan vakum, tekanan air pori yang optimal, volume air yang dibuang, penurunan dan perpindahan lateral, yang berguna dalam 25 memperhitungkan waktu dalam menghentikan pompa vakum, dan mengendalikan stabilitas konstruksi.



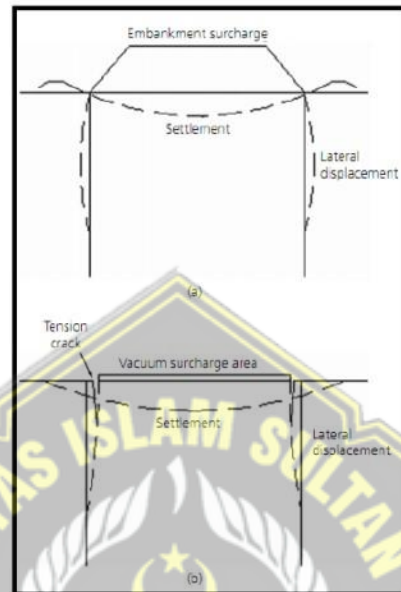
Gambar 2. 7 Skema Sistem Konsolidasi Vakum (Masse et al., 2001)

2.8 Perpindahan Lateral

Perpindahan lateral elemen tanah pada pengaplikasian vakum konsolidasi tergantung pada tingkat kedalaman relatif di bawah permukaan tanah dan jarak antar saluran vertikal. Di daerah pengelolaan massa tanah (area saluran vertikal), masingmasing saluran menyedot hanya mempengaruhi tanah terdekat dengan saluran tersebut (tidak ada perpindahan lateral yang terjadi) dan berlaku metode sel satuan (Masse et al., 2001). Namun, pengaruh dari saluran vertikal di sekelilingnya terhadap tanah sangat signifikan. Di wilayah ini, beban tambahan menginduksi tekanan geser di dalam tanah, yang dapat menyebabkan perpindahan lateral ke luar (Gambar 2.7. (a)), yang berpotensi menyebabkan kegagalan geser.

Sebaliknya, konsolidasi vakum saja menginduksi perpindahan lateral ke dalam (Gambar 2.7. (b)) karena digunakan isotropik tekanan konsolidasi pada massa tanah. Oleh karena itu, dengan vakum konsolidasi, retak pada tegangan permukaan dapat terjadi di sekitar area pembatas tanah yang sedang 26 mendapat pengaruh vakum, tapi tanpa terjadi potensi resiko kegagalan geser. Oleh karena itu, gabungan antara vakum tambahan prapembebanan, dimaksudkan agar perpindahan lateral dapat dikurangi (Indrar-Atna et al., 2011) dan dalam teori untuk lempung, kombinasi dari

60% vakum dan 40% tambahan tekanan beban dapat mempertahankan pergerakan lateral mendekati nol (Indraratna dan Rujikiatkamjorn, 2008).

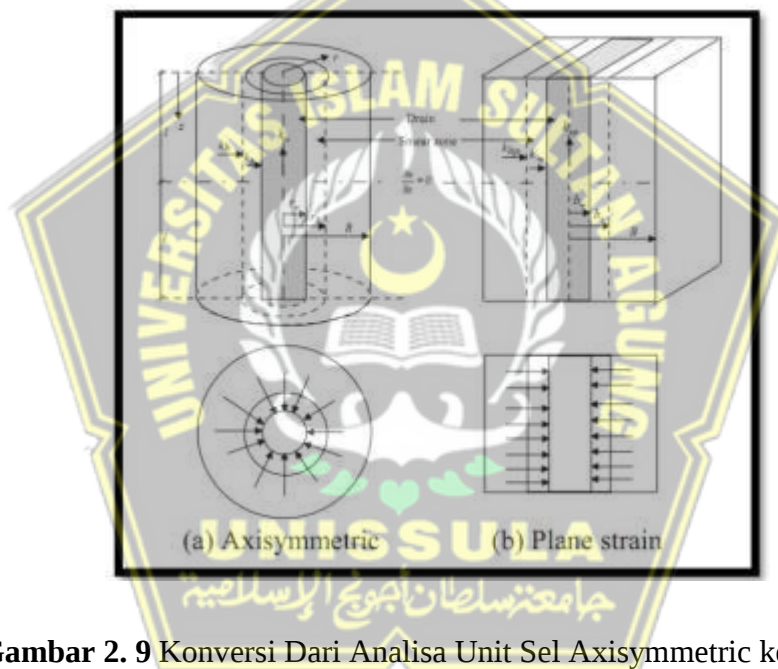


Gambar 2. 8 Deformasi Lateral Tanah (a) Tambahan beban dan (b) Konsolidasi vakum (Indraratna, 2005)

Berdasarkan tes menggunakan konsolidasi hidrolik modifikasi, Robinson et al. (2012) menunjukkan bahwa deformasi elemen tanah menggunakan konsolidasi vakum adalah isotropik, sehingga deformasi vertikal adalah secara signifikan dapat diminimalkan dibandingkan hanya menggunakan tekanan vertikal saja. Chai et al. (2005), menemukan bahwa jika tekanan yang diterapkan pada tanah lunak lebih besar dari pada tekanan 27 pra-konsolidasinya, penurunan yang terjadi lebih kecil untuk konsolidasi vakum dibandingkan menggunakan pembebanan konvensional. Sebuah metode empiris untuk memperkirakan perpindahan lateral terhadap kedalaman, pada dasarnya adanya hubungan antara perpindahan lateral pada kedalaman tertentu dan penurunan permukaan, telah diusulkan oleh Mesri dan Khan (2012). Ini kesimpulan dari Ong dan Chai (2011) bahwa jumlah perpindahan lateral tergantung pada kompresibilitas penambahan beban.

2.9 Pemodelan Konsolidasi Vakum

Untuk simulasi multi-saluran, metode elemen terbatas dengan tipe *analisa plan strain* mampu menyesuaikan dengan kebanyakan situasi lapangan. Namun demikian, prediksi lapangan realistik memerlukan sifat axisymmetrik yang akan dikonversi ke dalam kondisi setara *plane strain* 2D, khususnya yang berkaitan dengan koefisien permeabilitas dan geometri saluran (Indraratna et al. 2005). Analisis plane strain juga dapat mengakomodasi pemodelan vakum *preloading* yang berhubungan dengan saluran vertikal. Indraratna et al. (2005) mengusulkan pendekatan plane strain untuk simulasi tekanan vakum pada sistem drainase vertikal.



Gambar 2. 9 Konversi Dari Analisa Unit Sel Axisymmetric ke Analisa

Plane Strain (Indraratna et al. 2005)

Prinsip penyerapan air oleh akar pohon / tanaman dalam peningkatan perilaku tanah diaplikasikan dalam metode konsolidasi vakum dengan penerapan drainase vertikal dilengkapi dengan suction vakum. Program analisis elemen terbatas memodelkan multi-saluran untuk melihat konsolidasi tanah menggunakan teknik tersebut, dan menunjukkan bahwa suction yang dihasilkan oleh kedua teknik tersebut

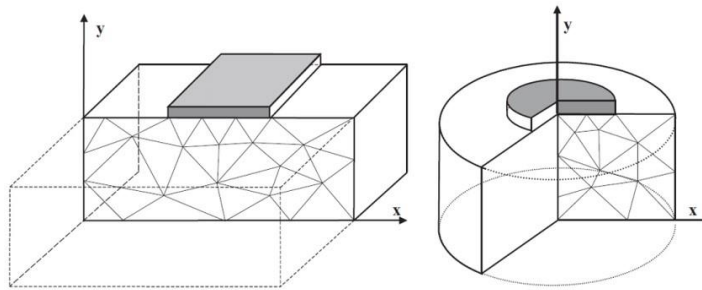
(pangaplikasian tekanan vakum melalui drainase vertikal dan tambahan *preloading*) dapat mengurangi penurunan tanah yang signifikan.

2.10 Tahapan Pada PLAXIS

PLAXIS merupakan program yang digunakan seorang ahli geoteknik untuk membantunya dalam menganalisa daya dukung dan stabilitas pada tanah. Program ini menerapkan metode antarmuka grafis yang mudah digunakan sehingga menggunakan baru dapat *relative* mudah dan cepat membuat model geometrik dan jaring elemen berdasarkan penampang melintang dari kondisi yang ingin dianalisa.

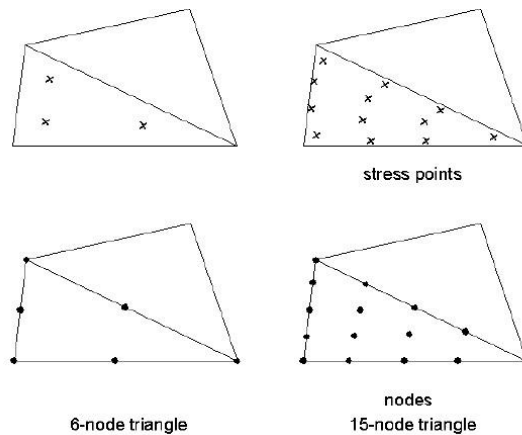
Pada program PLAXIS 2D model struktur Geometrik dapat dimodelkan dengan 1 cara yaitu *plane strain* dan xi-simetri. Model plain strain biasa digunakan untuk model geometri dengan penampang melintang yang cukup seragam, dengan kondisi tegangan dan kondisi pembebanan yang terjadi cukup panjang dalam arah tegak lurus terhadap penampang. Perpindahan dan regangan dalam arah tegak lurus terhadap bidang penampang diasumsikan tidak terjadi atau bernilai nol. Walaupun diasumsikan tidak terjadi, tegangan normal pada arah tegak lurus terhadap bidang penampang tetap dihitung sepenuhnya dalam analisa.

Untuk model ax-simetri biasanya digunakan untuk struktur Geoteknik yang berbentuk lingkara dengan bidang penampang radial yang cukup seragam dan kondisi pembebanan mengelilingi sumbu aksial. Untuk deformasi dan kondisi pembebanan diasumsikan tersebar rata mengelilingi arah radial. Dalam model axi-simetri koordinat (x) menyatakan radius, sedangkan untuk koordinat (y) menyatakan sumbu simetris dalam arah aksial.



Gambar 2. 10 Perbedaan Model *Plane strain* dan axi-simetri (Modul Pelatihan PLAXIS, 2012)

Elemen tanah dalam program PLAXIS 2D dimodelkan sebagai elemen segitiga, dimana elemen segitiga ini dibagi menjadi dua jenis yaitu elemen segitiga dengan 6 titik nodal dan elemen segitiga dengan 15 titik nodal. Metode yang digunakan dalam elemen segitiga dengan 6 titik nodal adalah metode interpolasi ordo dua untuk menghitung perpindahan dan integrasi numerik dengan menggunakan tiga titik Gauss (titik tegangan). Sedangkan untuk elemen segitiga dengan 15 titik nodal adalah metode interpolasi dengan ordo empat dan integrasi numerik dengan menggunakan 12 titik Gauss. Oleh sebab itu analisa elemen hingga dalam program PLAXIS 2D akan memberikan hasil yang lebih akurat dengan menggunakan segitiga dengan 15 titik nodal dibandingkan dengan analisa dengan hanya 6 titik nodal. Akan tetapi proses perhitungan dengan 15 titik nodal ini akan lebih lambat karena banyaknya jumlah perhitungan yang dilakukan dibandingkan hanya dengan menggunakan 6 titik nodal.



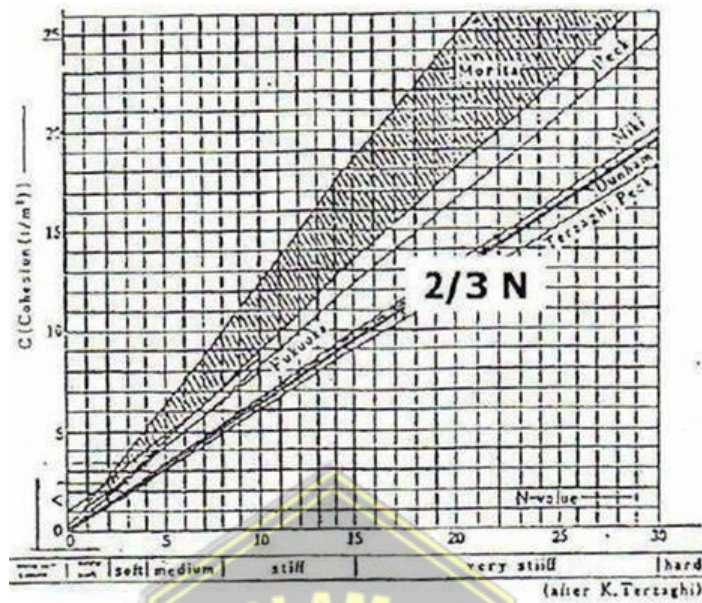
Gambar 2. 11 Perbedaan 6 titik dengan 15 titik nodal (atas *stress point*, bawah nodes) (Modul Pelatihan PLAXIS, 2012)

Dalam model analisa regangan bidang (*plane-strain*), gaya yang disebabkan adanya perpindahan dinyatakan dalam gaya persatuan lebar dalam arah tegak lurus penampang. Sedangkan dalam model analisa axi-simetri, gaya yang dihasilkan merupakan gaya yang bekerja pada bidang batas yang membentuk busur lingkaran sebesar 1 radian yang saling berhadapan.

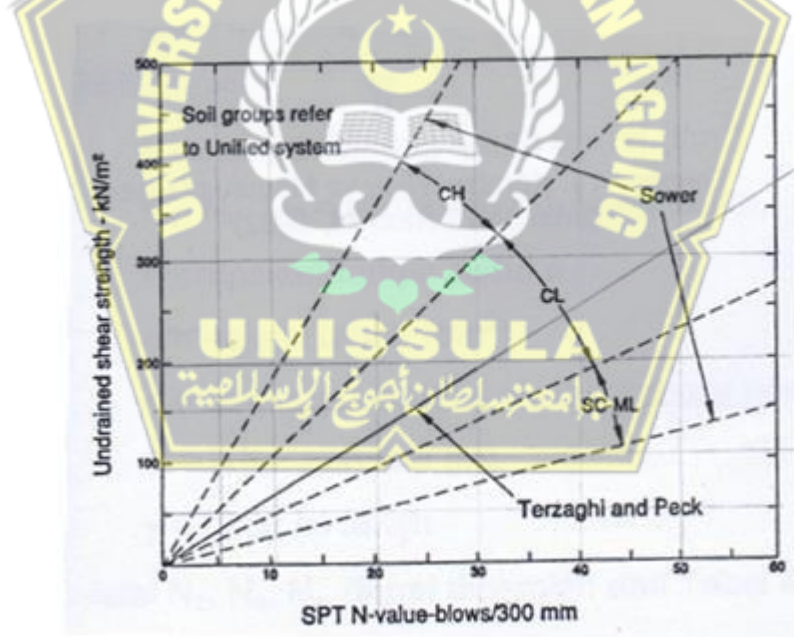
2.11 Studi Parameter Tanah

Studi bertujuan untuk mendapatkan nilai dari parameter-parameter tanah yang dibutuhkan untuk melakukan input terhadap program PLAXIS. Data yang diinput dalam program ini didapatkan dari hasil laboratorium serta korelasi terhadap data-data pengujian di lapangan, seperti $N - SPT$ dengan kohesi, $N - SPT$ dengan sudut geser dalam, jenis tanah, $N - SPT$ dengan *relative density* tanah, konsistensi tanah dengan angka *poisson*, $N - SPT$ dengan modulus elastisitas dan sebagainya.

Adapun parameter korelasi-korelasi data tanah dilapangan dengan laboratorium ini dapat dilihat dari gambar dan tabel berikut :



Gambar 2. 12 Hubungan anatar kohesi c dan nilai N -SPT untuk tanah kohesif
(Terzaghi, 1943)



Gambar 2. 13 Hubungan anatar nilai N -SPT dan *undrained shear strength* untuk tanah kohesif (Terzaghi & Peck, 1967; Sowers, 1979)

Tabel 2. 1 Korelasi Nilai N-SPT dengan Berat Jenis Tanah Jenuh (γ_{sat})

Standard Penetration Resistance, N-SPT	Consistency	Unconfined Compression Strength, q_u (tons/ft ²)	γ_{sat} (kN/m ³)
0.0 - 2.0	Very Soft	<0.25	16 - 19
2.0 - 5.0	Soft	0.25 - 0.5	16 - 19
5.0 - 10.0	Medium Stiff	0.50 - 1.00	17 - 20
10.0 - 20.0	Stiff	1.00 - 2.00	19 - 22
20.0 - 30.0	Very Stiff	2.00 - 4.00	19 - 22
>30	Hard	> 4.00	19 - 22

Sumber : Terzaghi dan Peck, (1943)

Tabel 2. 2 Korelasi Nilai Tipikal Berat Volume Tanah.

Jenis Tanah	γ_{sat} (kN/m ³)	γ_{dry} (kN/m ³)
kerikil	20-22	15-17
pasir	18-20	13-16
lanau	18-20	14-18
lempung	16-22	14-21

Sumber : Soil Mechanics and Foundation, John Wiley & Sons, (2000)

Tabel 2. 3 Korelasi Jenis Tanah dengan Poisson Ratio.

Jenis Tanah	Poisson Ratio (ν')
Lempung jenuh	0,4 – 0,5
Lempung tak jenuh	0,1 – 0,3
Lempung berpasir	0,2 – 0,3
Lanau	0,3 – 0,35
Pasir	0,1 – 1,0
Batuan	0,1 – 0,4
Umum dipakai untuk tanah	0,3 – 0,4

Sumber: (Buku Mekanika Tanah, Braja M. Das Jilid 2)

Tabel 2. 4 Nilai N-SPT dengan Kohesi

SOIL CONDITION	N-SPT	COHESION (kPa)
Loose	<10	<5
Medium stiff	10-30	5-48
Stiff	>30	>48

Sumber : Kumar et al., (2016)

Tabel 2. 5 Korelasi Tipikal Berat Volume Tanah

Jenis Tanah	γ_{sat} (kN/m ³)	γ_{dry} (kN/m ³)
Kerikil	20-22	15-17
Pasir	18-20	13-16
Lanau	18-20	14-18
Lempung	16-22	14-21

Sumber : Soil mechanics and foundation, John Wiley & Sons, (2000)

Tabel 2. 6 Korelasi Jenis Tanah dengan Poisson Ratio

Table 1. Poisson's ratio range value

SOIL TYPE	POISSON'S RATIO
Unsaturated clay	0.1-0.3
Saturated clay	0.4-0.5
Sandy clay	0.2-0.3
Silt	0.3-0.35
Sand	0.2-0.4
Rock	0.1-0.4

Sumber : Bowless, (1977)

Tabel 2. 7 Korelasi antara N-SPT dengan nilai γ (berat jenis tanah jenuh air) dan nilai ϕ (sudut geser dalam tanah)

N (blows)	0 – 3	4 – 10	11 – 30	31 – 50	> 50
γ	-	12 – 16	14 – 18	16 – 20	18 – 23
ϕ	-	25 – 32	28 – 36	30 – 40	> 35
State	Very Loose	Loose	Medium	Dense	Very Dense

Sumber: J. E. Bowles, 1984 dalam Wahyudi, (1999)

Berdasarkan tinggi tegangan leleh, ASTM membagi baja dalam empat kelompok sebagai berikut:

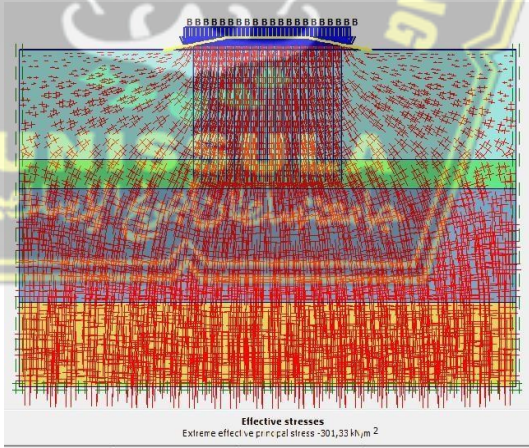
1. *Carbon steels* (baja karbon) dengan tegangan leleh 210-280 Mpa.
2. High-strength *low-alloy* steels (baja paduan rendah berkekuatan tinggi) dengan tegangan leleh 280 – 490 Mpa.
3. *Heat treated carbon and high-strength low alloy steels* (baja paduan rendah dengan perlakuan karbon panas) mempunyai tegangan leleh 322 – 700 Mpa. *Heat-treated constructional alloy steels* (baja struktural paduan rendah dengan perlakuan panas) dengan tegangan leleh 630 – 700 Mpa.



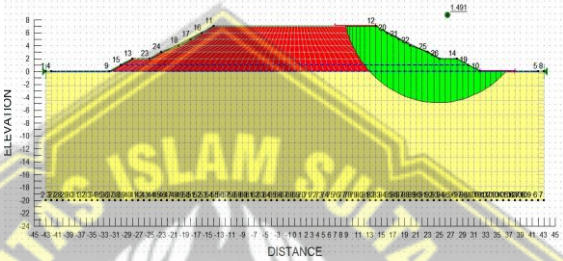
2.12 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai “Konsolidasi vakum” yang telah dilakukan sebelumnya. Berikut daftar penelitian terdahulu yang dirangkum dalam tabel 2.12

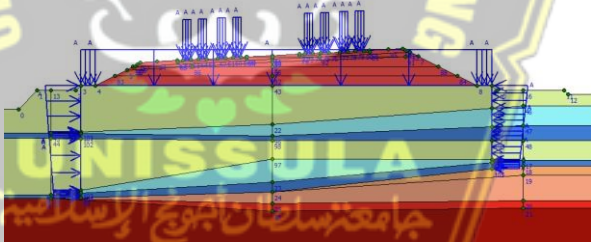
Tabel 2. 8 Penelitian Terdahulu

No.	Judul	Penulis	Metode	Hasil
1.	METODE NUMERIK PERMODELAN KONSOLIDASI VAKUM MENGACU PADA KENAIKAN TEGANGAN EFEKTIF TERHADAP KEKUATAN TANAH	Ramildha Syaumal Akhyar dan Tri Setyo Rini, (2016)	Metode yang digunakan untuk merencanakan analisa tersebut dibantu dengan menggunakan program <i>PLAXIS 8.2</i> . Berikut adalah pemodelan numerik dari metode yang dipakai : 	Hasil yang diperoleh bahwa Penurunan tanah akibat konsolidasi di tahun pertama lebih besar dibandingkan dengan tahun sesudahnya dikarenakan kandungan air pori sebelum dilakukan vakum konsolidasi sangat besar, lalu setelah dilakukan vakum dalam waktu 3 bulan mengalami penurunan yang signifikan (lebih besar), sehingga

No.	Judul	Penulis	Metode	Hasil
				pada saat dilakukan vakum ditahun selanjutnya penurunan tanah yang terjadi lebih sedikit dan selain tindakan vakum dilakukan pula preloading sebagai salah satu usaha penurunan tanah. Penurunan yang dihasilkan melalui pemodelan PLAXIS terbesar terjadi pada tahap konsolidasi pertama, yaitu sebesar 301,60
2.	ANALISIS PEMODELAN NUMERIK PADA DAERAH PENGUNAAN KONSOLIDASI	Rasyid Toha Mohammad dan Yosida Permata	Metode yang digunakan untuk merencanakan analisa tersebut dibantu dengan menggunakan progam <i>Geostudio 2004</i>	Berdasarkan hasil pemodealan numerik ini, Pada daerah penerapan konsolidasi vakum mengalami penurunan tekanan air pori, yang awalnya pada tanah kedalaman 0 m memiliki

No.	Judul	Penulis	Metode	Hasil
	VAKUM DAN TANPA PENGUNAAN KOSOLIDASI VAKUM PADA APLIKASI GEOSTUDIO 2004	Arudia, (2017)	Berikut adalah pemodelan numerik dari metode yan dipakai : 	tekanan air pori sebesar 0 kPa, setelah dilakukan konsolidasi vakum pada kedalaman tanah 0 m memiliki tekanan air pori sebesar -80 kPa. Yang artinya tanah telah mengalami konsolidasi. Sedangkan pada daerah tanpa penerapan konsolidasi vakum tekanan air porinya tetap atau tidak mengalami konsolidasi. Untuk deformasi pada konsolidasi vakum dan tanpa konsolidasi vakum memiliki hasil yang sama yaitu -1,5 m dan perbandingan Safety Factor pada konsolidasi vakum memiliki nilai keamanan yang

No.	Judul	Penulis	Metode	Hasil
				cukup lebih besar yaitu 1,7 dan daerah tanpa penerapan konsolidasi vakum memiliki nilai keamanan 1,4.
	ANALISIS KONSOLIDASI TANAH DENGAN MENGUNAKAN VACUUM CONSOLIDATION METHOD	Tegar Agung Uriyanto dan Wahyu Nazali, (2021)	Metode yang digunakan untuk merencanakan analisa tersebut dibantu dengan menggunakan progam <i>PLAXIS 8.2</i> . Berikut adalah pemodelan numerik dari metode yan dipakai : 	Hasil akhir yang diperoleh Besarnya penurunan akhir di permodelan setelah metode vakum konsolidasi selesai sebesar 66,4 cm dengan nilai SF 2. Setelah konsolidasi selama 1 tahun terjadi penurunan sebesar 4,4 cm dan sampai konsolidasi selama 10 tahun penurunan tetap sebesar 4,4 cm. Dari sini dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan metode vakum konsolidasi dapat

No.	Judul	Penulis	Metode	Hasil
				mempercepat konsolidasi karena pada saat vakum aktif, terjadi penurunan yang signifikan.
4.	ANALISIS PERBAIKAN TANAH LUNAK DENGAN METODE VACUUM CONSOLIDATION PADA PROGRAM PLAXIS DAN METODE ASAOKA	Catur Hari Wibowo dan Dedy Agusta Sonia A, (2019)	Metode yang digunakan untuk merencanakan analisa tersebut dibantu dengan menggunakan progam <i>PLAXIS 8.2</i>. Berikut adalah pemodelan numerik dari metode yan dipakai : 	Dari data analisis penurunan tanah yang didapat, saat konsolidasi mencapai 90% dilakukan dengan 2 metode sehingga didapatkan hasil yang berbeda. Pada titik tinjau C (Settlement Plate Tengah) berdasarkan permodelan <i>PLAXIS V8.2</i> penurunan tanah sebesar 30,4 cm pada hari ke 216, hasil penurunan pada <i>PLAXIS V8.2</i> lebih besar dari penurunan dengan perhitungan Asaoka yaitu sebesar 30 cm pada hari 244.

No.	Judul	Penulis	Metode	Hasil
				Berdasarkan angka keamanan (SF) yang didapatkan pada setiap tahap konstruksi maka dapat disimpulkan bahwa konstruksi dinyatakan aman karena angka keamanan (SF) yang didapat berada diatas 1.



BAB III

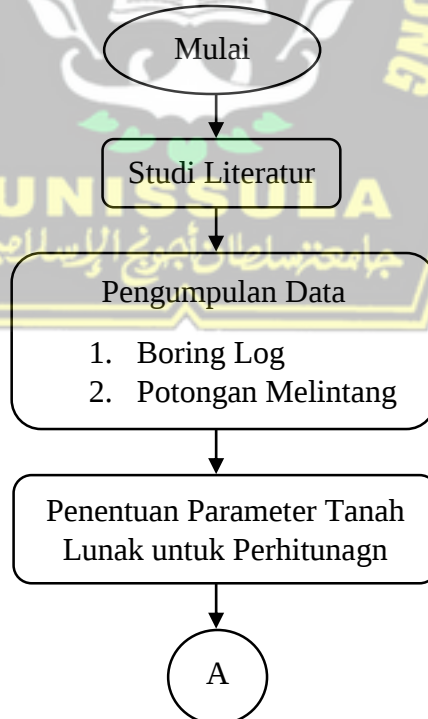
METODOLOGI

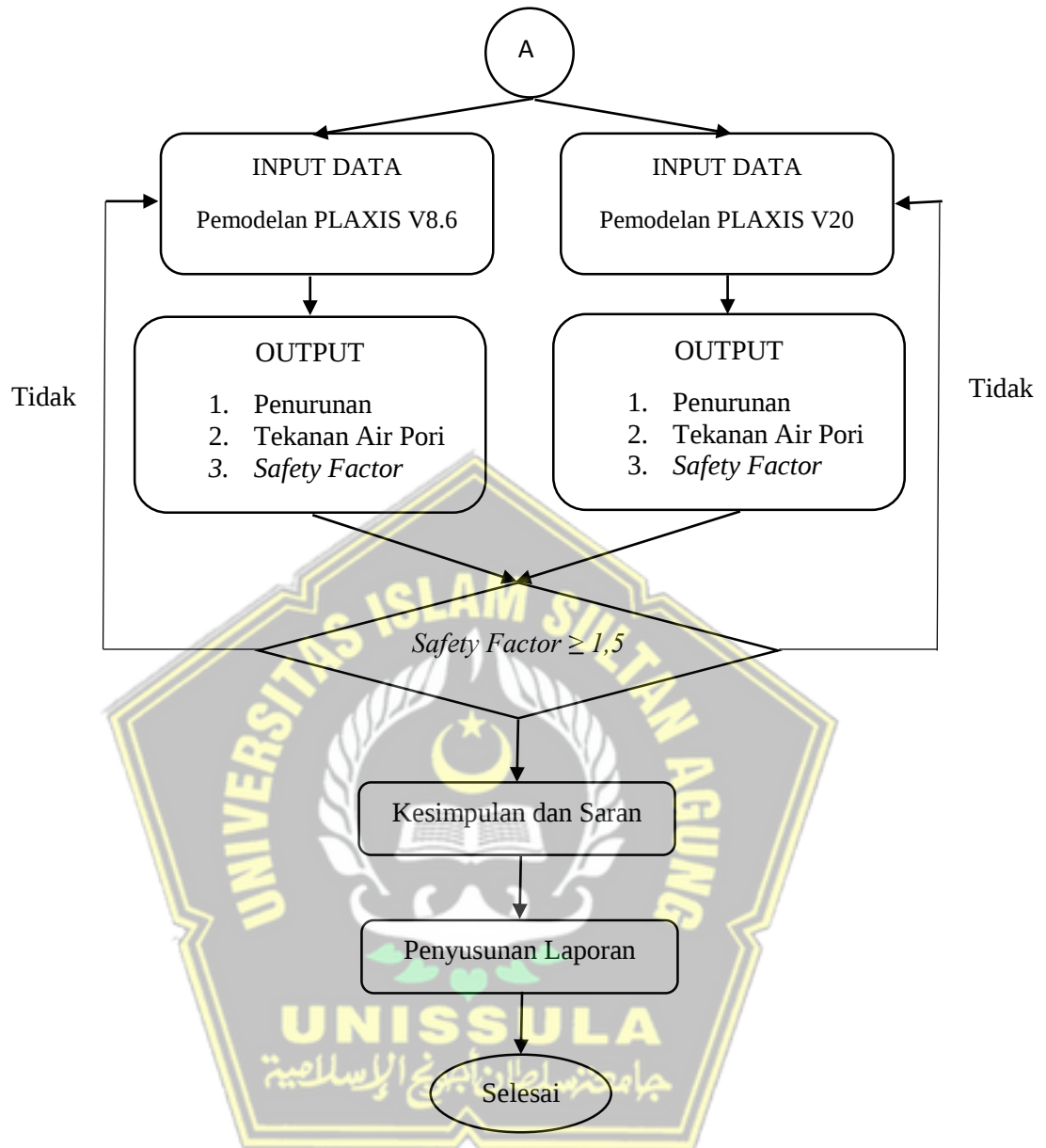
3.1 Pendahuluan

Metodologi adalah langkah-langkah yang perlu dilakukan dan disusun secara sistematis pada saat melakukan analisis. Tahapan metodologi dilakukan agar mendapatkan hasil yang diinginkan dan memenuhi syarat, efektif, serta efisien yang mendukung keseluruhan dari tahapan proses penyusunan laporan itu sendiri.

Tugas Akhir ini merupakan pemodelan yang digunakan untuk menganalisis, menyelidiki dan mengetahui seberapa besar daya dukung tanah, penurunan tanah (*displacement*), tekanan air pori berlebih (*excess pore water pressure*), tegangan efektif (*effective stress*), gaya dalam *Plate* (gaya aksial, geser, dan momen) serta angka faktor keamanan (*safety factor*).

Analisis ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan program PLAXIS V8.6 dengan PLAXIS V20 terhadap pengaruh penggunaan *Vacuum Consolidation Method*.





Gambar 3. 1 Bagan Alur Penelitian

3.2 Studi Literatur

Klasifikasi masalah didukung dan berdasarkan landasan teori yang di peroleh dengan mengumpulkan literature-literature yang relevan dengan pembahasan yang akan memperjelas diskripsi masalah. Sumber literature atau pustaka dapat diperoleh dari beberapa jurnal, diktat, buku panduan, makalah, pedoman peraturan-peraturan, maupun bacaan lain yang merupakan sumber referensi untuk memperoleh dasar- dasar

teori dan parameter-parameter untuk memenuhi dan memahami mekanika tanah, metode perbaikan tanah lunah khususnya yang berkaitan dengan metode *vacuum consolidation*, serta penelitian penelitian sebelumnya yang membahas tentang permodelan perencanaan menggunakan program PLAXIS.

3.3 Identifikasi Masalah

3.3.1 Pengumpulan Data

Data primer adalah data yang didapatkan di wilayah studi dari hasil pengamatan dan wawancara langsung dengan pihak-pihak yang terkait. Sedangkan data sekunder adalah data yang didapatkan dengan mencari informasi secara ilmiah pada instansi maupun lembaga-lembaga yang terkait dengan proyek Jalan Tol Semarang Harbour. Dari hasil pengumpulan data didapat data data boring log yang berada di area tersebut.

3.3.2 Sumber Data

Untuk kebutuhan penelitian ini dalam pembuatan Tugas Akhir, data - data yang digunakan adalah termasuk data sekunder yang didapatkan dari PT. Erka Konsultan Engineering.

3.4 Pemodelan menggunakan program

3.4.1 Teknik Pengolahan Data

Mempelajari data yang didapat adalah sebuah langkah awal yang perlu dilakukan saat ingin melakukan pengolahan data. Pada tahap studi data ini perlu penganalisisan data secara deskriptif untuk mengetahui uraian data-data serta dilakukan penyesuaian data yang dapat mengacu kepada data primer, sekunder ataupun data yang belum diketahui maka dapat diasumsikan sendiri.

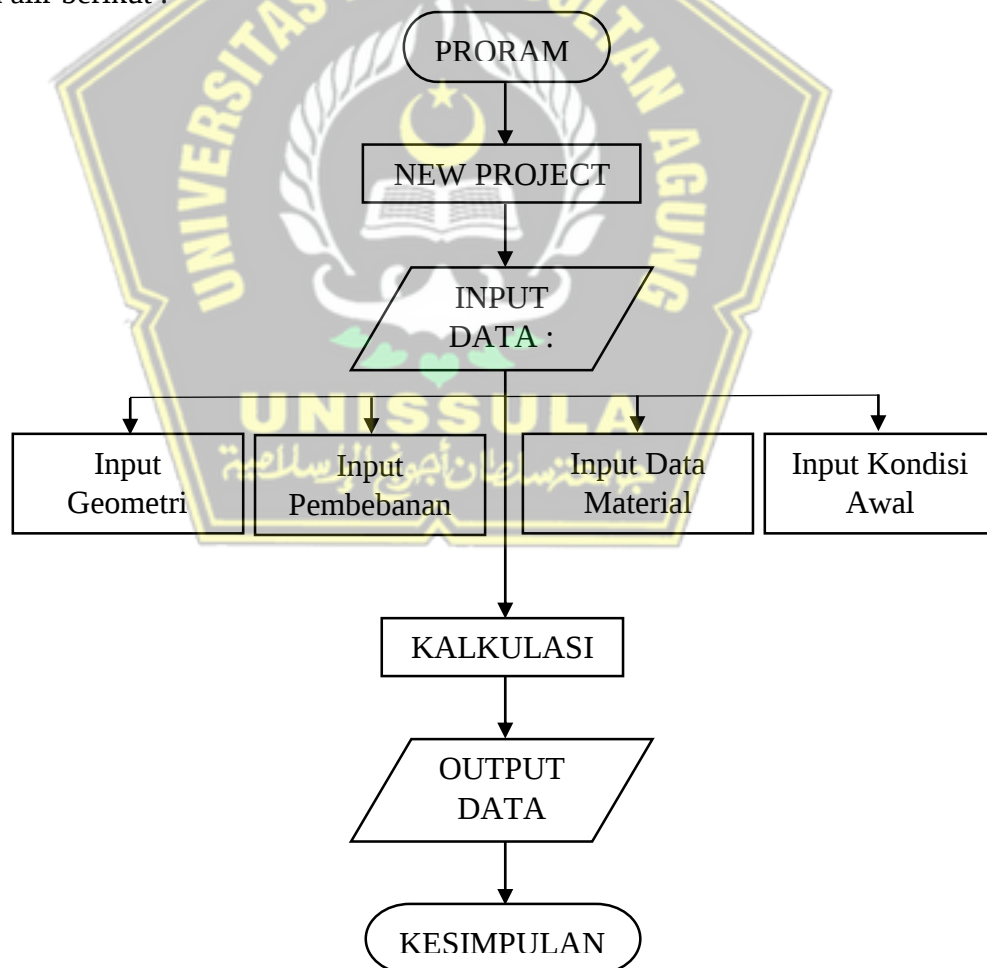
Data penyelidikan tanah yang didapat berupa data uji borlog, dari data ini dilakukan korelasi untuk mendapatkan parameter-parameter lain. Sebelum menentukan parameter tanah dilakukan penentuan model tanah terlebih dahulu, model tanah yang dipakai yaitu *Soft-Soil Model* dan *Mohr-Coloumb*. Setelah ditentukan mode tanah yang digunakan selanjutnya mencari parameter tanah yang lain seperti :

1. Berat volume tanah jenuh air (*saturated*) (γ_{sat})

2. Berat volume tanah tak jenuh air (*unsaturated*) (γ_{unsat})
3. Permeabilitas arah horizontal (k_x)
4. Permeabilitas arah vertical (k_y)
5. Modulus elastisitas (E)
6. *Poisson rasio* (μ)
7. Kohesi (c)
8. Sudut geser (ϕ)
9. Sudut dilatasi (Ψ)

3.4.2 Penginputan data ke program

Dalam penginputan data ini memiliki tahapan-tahapan penginputan dalam permodelan menggunakan program PLAXIS. Langkah-langkah penginputan ini terlihat dalam bagan alir berikut :



Gambar 3. 2 Bagan Alur Pengerjaan Program PLAXIS

1. Memulai program PLAXIS

Saat memulai program klik “*New project*” untuk memulai laman pekerjaan baru.

2. Menginput data

Pada bagian penginputan ini, ada beberapa hal yang harus diperhatikan. Hal-hal yang perlu diinput meliputi :

a. Input Geometri

- Pada jendela “*Project*”

Pemilihan jumlah titik node, semakin banyak titik yang dipilih maka akan menghasilkan persamaan numerik yang lebih kompleks. Jumlah titik node yang dipilih adalah 15 titik node.

- Pada jendela “*Dimensions*”

Hal penting dalam laman ini adalah penentuan standar satuan yang akan digunakan, penentuan batas ruang kerja dalam menggambarkan geometri dan penentuan spasi grid dan interval yang ingin digunakan semakin kecil spasi maka titik bantu akan semakin banyak.

Pada pembuatan sebuah objek geometri berupa titik-titik dan garis-garis, untuk pengaplikasiannya bias menggunakan kursor mouse pada bidang gambar atau apabila berupa objek geometri telah disediakan pada menu ataupun toolbar.

b. Input Pembebanan

Pada bagian penginputan data pembebanan ini terbagi menjadi dua, yaitu pembebanan terpusat (*point loads*) dan merata (*distributed load*).

Penginputan ini meliputi beban vakum dan beban lalu lintas.

c. Input Data Material

Sebelum dilakukan *generate mesh*, perlu dipastikan bahwa semua geometri telah diinputkan jenis materialnya menggunakan *material set*. Dalam PLAXIS terdapat beberapa pemodelan tipe material, pada pekerjaan ini dipilih jenis pemodelan tanah *Soft Soil Model* dan *Mohr-Coloumb* maka

data yang perlu diinput berupa parameter tanah, adapun parameter yang perlu diinput adalah sebagai berikut :

- Perbandingan antara berat tanah dengan isi tanah (γ_{sat})
- Perbandingan antar berat tanah dengan isi tanah tidak jenuh air (γ_{unsat})
- Permeabilitas horizontal (meresapnya air ke dalam tanah melalui pori-pori tanah secara horizontal) (K_x)
- Permeabilitas vertikal (meresapnya air ke dalam tanah melalui pori-pori secara vertikal) (K_y)
- Modulus elastisitas (angka pengukuran objek atau ketahanan bahan) (E)
- *Poission Rasio* (konstanta elastisitas yang dimiliki tiap material) (μ)
- Kohesi (gaya Tarik menarik antar partikel dalam tanah) (c)
- Sudut geser (sudut yang terbentuk dari hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser didalam material tanah) (ϕ)
- Sudut dilatasi (sambungan atau pemisah pada bangunan akibat suatu hal memiliki sistem truktur berbeda) (ψ)

Setelah data material terinput semua, maka bias dilakukan *generate mesh*.

d. Input Kondisi Awal (*Initial Condition*)

e. Initial Condition merupakan kondisi dimana penentuan ketinggian muka air dan penentuan kondisi hidrostatik pada pemodelan geometri yang telah dibuat pada PLAXIS. Terdapat 4 (empat) tahap di kondisi awal ini berupa :

- Penentuan ketinggian muka air tanah
- Pengaktifan tekanan air pori
- Pengaktifan mode geometri
- Pengaktifan tekanan efektif tanah

3. Kalkulasi

Dalam pengkalkulasi ini ada beberapa langkah yang diperlukan, yaitu :

- Klik *Calculate* untuk memulai kalkulasi dengan tipe kalkulasi plastis
- Pada bagian parameter pilih *ignore undrained behavior* dan *reset displacements to zero* lalu *define*.

Sistem program PLAXIS berbasis konstruksi bertahap, sehingga harus didefinisikan tahap konstruksi dari mulai timbunan awal, pondasi *facing*, perkuatan geogrid dari stepa awal hingga akhir. Pada kondisi awal harus diaktifkan pula menggunakan select dan aktifkan geometri timbunan 1 dan gali tanah untuk mendapatkan pondasi *facing*.

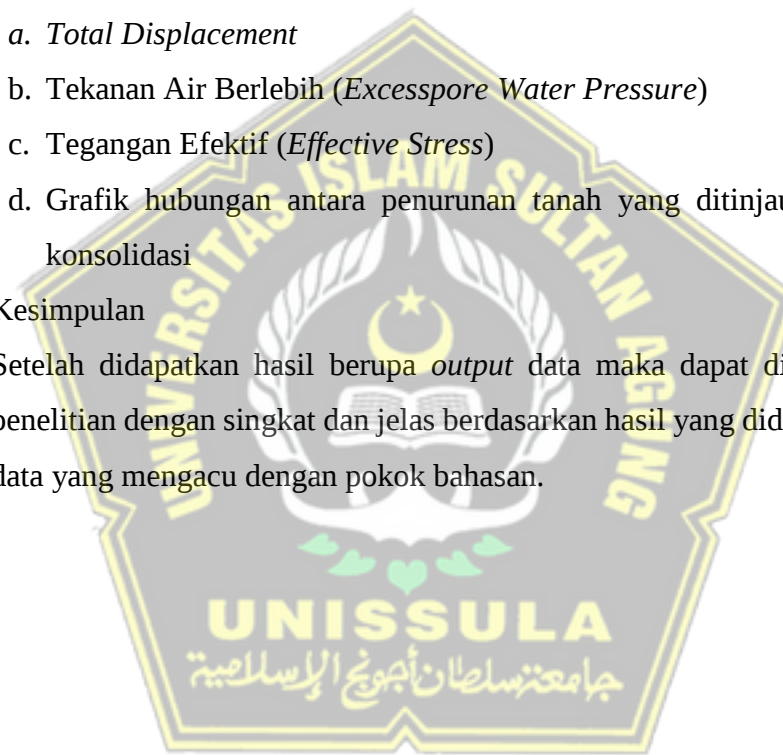
4. *Output Data*

Setelah proses kalkulasi selesai maka akan keluar output. *Output* dari program PLAXIS ini berupa:

- a. *Total Displacement*
- b. Tekanan Air Berlebih (*Excesspore Water Pressure*)
- c. Tegangan Efektif (*Effective Stress*)
- d. Grafik hubungan antara penurunan tanah yang ditinjau dengan waktu konsolidasi

5. Kesimpulan

Setelah didapatkan hasil berupa *output* data maka dapat disimpulkan hasil penelitian dengan singkat dan jelas berdasarkan hasil yang didapat dari analisis data yang mengacu dengan pokok bahasan.

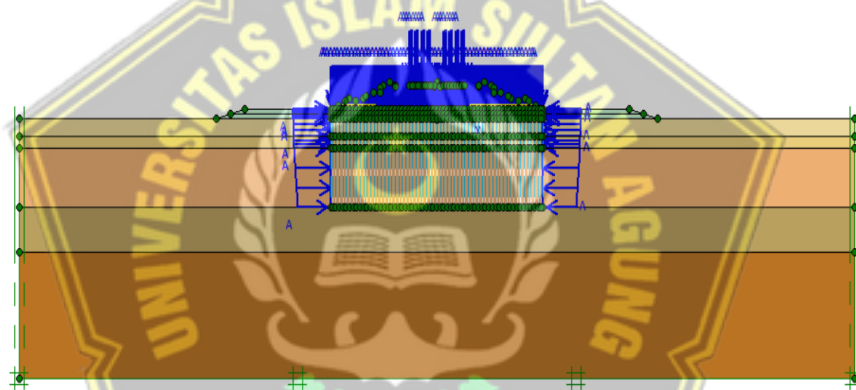


BAB IV

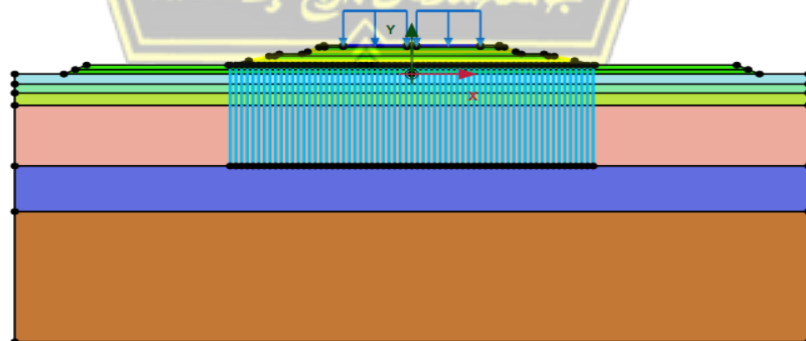
ANALISA DAN PEMBAHASAN HASIL

4.1 Analisa PLAXIS V8.6 dan PLAXIS V20

Analisis perbaikan tanah dengan menggunakan metode *Vacuum Consolidation* (konsolidasi vakum) pada pekerjaan proyek Jalan Tol dengan penggunaan aplikasi PLAXIS V8.6 dan PLAXIS V20. Analisis permodelan ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar penurunan tanah yang terjadi, tekanan air pori berlebih (*Excess Pore Water Pressure*) dan angka keamanan (*Safety Factor*). Adapun permodelan yang kami buat seperti pada gambar 4.1 dan 4.2 berikut



Gambar 4. 1 Permodelan PLAXIS V8.6



Gambar 4. 2 Permodelan PLAXIS V20

4.2 Permodelan PLAXIS V8.6 dan PLAXIS V20

4.2.1 Parameter Lapisan Perkerasan

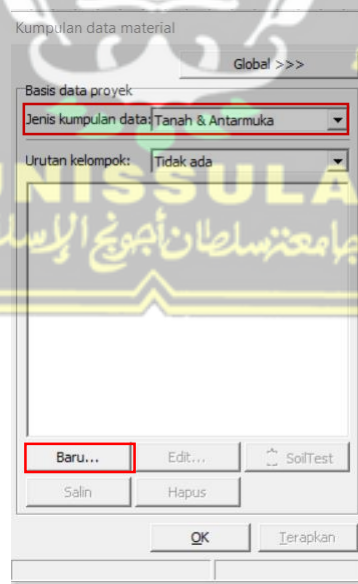
Lapisan perkerasan dimodelkan pada PLAXIS V8.6 dan PLAXIS V20 menggunakan permodelan *Mohr-Columb* dengan tipe *Drained* seperti pada tabel parameter 4.1 berikut :

Tabel 4. 1 Parameter Lapisan Perkerasan

No.	Parameter	N-SPT	E (kN/m ²)	c (kN/m ²)	Ø (°)	γ _{sat} (kN/m ³)	γ _{unsat} (kN/m ³)	k (m/day)	v (nu)	e _{init}
1.	Agregat CBR 905	-	50000	1	35	21	20	1	0,2	0,5

Pada Tabel 4.1 parameter lapisan perkerasan diaplikasikan pada permodelan PLAXIS V8.6 dan PLAXIS V20 dengan input material sebagai berikut:

1. Buka icon tab *material sets*  lalu klik dan akan muncul tampilan seperti di bawah ini, lalu pilih jenis kumpulan jenis tanah “Tanah dan Antar Muka” dan klik baru untuk memasukkan Parameter perkerasan



Gambar 4. 3 Tab Material Set

2. Ubah bagian yang ditandai sesuai dengan tabel 4.1

Mohr-Coulomb - AGREGAT CBR 90%

Umum | Parameter | Antarmuka

Kumpulan material

Identifikasi: AGREGAT CBR 90%

Model material: Mohr-Coulomb

Jenis material: Terdrainase

Sifat umum

γ_{unsat} : 20,000 kN/m³

γ_{sat} : 21,000 kN/m³

Permeabilitas

k_x : 1,000 m/hari

k_y : 1,000 m/hari

Tingkat lanjut...

SoilTest Berikutnya OK Batalkan

Gambar 4. 4 Tab Pengisian *Material Sets* Umum

3. Setelah langkah pertama pada tab general telah selesai dan sesuai tabel 4.1 maka berganti pada tab parameter untuk mengganti pengaturan parameter material pada bagian yang telah ditandai sebagai berikut.

Mohr-Coulomb - AGREGAT CBR 90%

Umum | Parameter | Antarmuka

Kekakuan

E_{ref} : 5,000E+04 kN/m²

ν (nu): 0,200

Kekuatan

c_{ref} : 1,000 kN/m²

ϕ (phi): 35,000°

ψ (psi): 0,000°

Alternatif

G_{ref} : 2,083E+04 kN/m²

E_{oed} : 5,556E+04 kN/m²

Kecepatan

V_s : 101,000 m/dtk

V_p : 165,000 m/dtk

Tingkat lanjut...

SoilTest Berikutnya OK Batalkan

Gambar 4. 5 Tab pengisian *material sets* Parameter

4.2.2 Parameter Lapisan Timbunan

Lapisan tanah timbunan dimodelkan pada PLAXIS V8.6 dan PLAXIS V20 menggunakan permodelan *Mohr-Columb* dengan tipe *Drained* seperti pada tabel parameter 4.2 berikut :

Tabel 4. 2 Parameter Timbunan

No.	Parameter	N-SPT	E (kN/m ²)	c (kN/m ²)	Ø (°)	γ _{sat} (kN/m ³)	γ _{unsat} (kN/m ³)	k (m/day)	v (nu)	e _{init}
1.	Timbunan	11	11000	11	25	19	16	0,1	0,3	0,6

Pengisian nilai parameter timbunan ini sama seperti pengisian nilai parameter perkerasan pada penjelasan sebelumnya.

4.2.3 Parameter lapisan Tanah

Permodelan Lapisan Tanah yang akan diaplikasikan pada PLAXIS V8.6 dan PLAXIS V20 sesuai dengan hasil uji tanah *Borring Log* dengan parameter yang telah didapatkan pada tabel 4.3 sebagai berikut:

Tabel 4. 3 Parameter Lapisan Tanah

No.	Kedalaman (m)	Deskripsi	Konsistensi	N- SPT	E (kN/m ²)	C _c	C _s	c (kN/m ²)	Ø (°)	γ _{sat} (kN/m ³)	γ _{unsat} (kN/m ³)	k (m/day)	v (nu)	e _{init}
1.	0 - 1	Fine Sand	Very Soft Clay	2	-	0,55	0,55	1,00	23	17	16	4,50E-03	0,3	1,75
2	1 – 2,25	Find Sand		2	-	0,55	0,55	1,00	23	17	16	4,50E-03	0,3	1,75
3	2,25 – 4,25	Clayey Slit	Very Soft Clay	2	-	0,55	0,55	1,00	23	17	16	4,50E-03	0,3	1,75
4	4,25 - 7	Sandy Clay	Soft Clay	3	-	0,52	0,052	2,00	24	17	16	4,50E-03	0,3	2,45
5	7 - 10	Clayey Silt	Medium Clay	6	3600	-	-	3	28	18	17	0,0045	0,3	2,6
6	10 – 11,2	Clayey Silt												
7	11,2 – 13,3	Clay												
8	13,25 – 16,1	Clay												
9	16,1 - 18	Clay												
10	18 – 20,6	Sandy Clay												

Lanjutan

No.	Kedalaman (m)	Deskripsi	Konsistensi	N- SPT	E (kN/m ²)	Cc	Cs	c (kN/m ²)	Ø (°)	γ _{sat} (kN/m ³)	γ _{unsat} (kN/m ³)	k (m/day)	v (nu)	e _{init}
11	22 – 26,6	Clay	Stiff Clay	13	5700	-	-	10	29	20	19	0,00039	0,3	0,6
12	22 – 26,6	Clayey Silt												
13	26,6 – 28,3	Silty Clay												
14	28,25 – 30,8	Silty Clay	Stiff Clay	13	5700	-	-	10	29	20	19	0,00039	0,3	0,6
15	30,75 – 34,4	Clay	Very Stiff Clay	20	7800	-	-	26	32	20	19	0,000022	0,3	0,4
16	34,25 – 36,3	Clay												
17	36,25 - 40	Clay												

Pada tabel diatas jenis tanah yang digunakan adalah tipe *Drained* untuk jenis tanah konsistensi *Sand* dan *Undrained* untuk jenis tanah konsistensi *Clay*. Jenis lapisan tanah didapatkan dari hasil *Test Borring Log* di lapangan.

4.2.4 Penginputan Parameter Tanah

Tipe tanah yang diinput pada masing-masing lapisan tanah harus menyesuaikan jenis tanah.

Tabel 4. 4 Tipe Tanah *Layer* Jenis Tanah

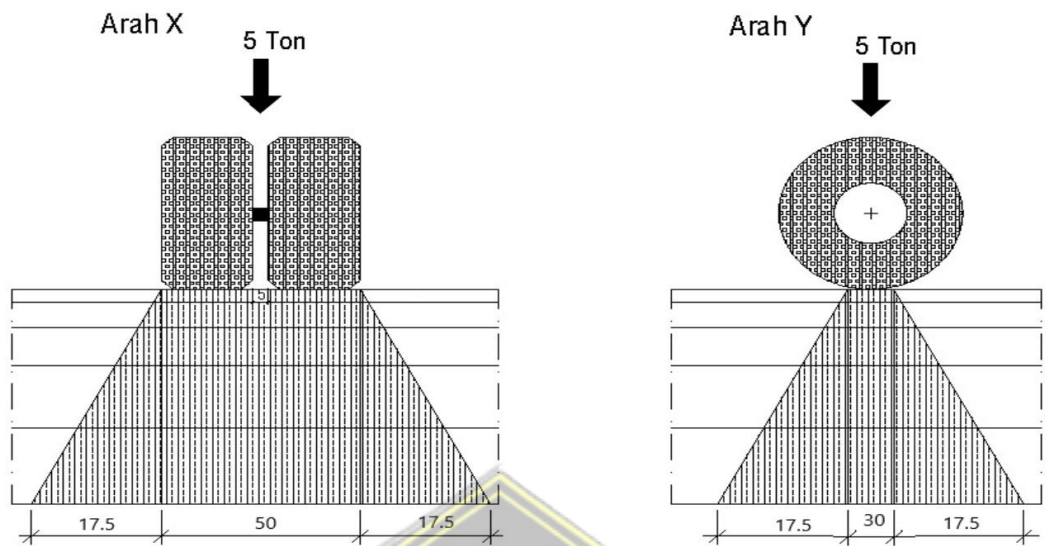
No.	<u>Jenis Tanah</u>	<u>Tipe Tanah</u>
1.	Clay	Fine
2.	Sand	Coarse
3.	<u>Timbunan</u>	Medium
4.	<u>Agregat</u>	Coarse
5.	Granular	Coarse

4.2.5 Pembebanan

Dalam merencanakan pekerjaan jalan raya, data lalu lintas sangatlah diperuntukkan dimana fungsi dari data tersebut dipergunakan untuk mengetahui jenis pembebanan seperti apa yang dapat digunakan dalam konstruksi. Pada kasus ini pembebanan yang digunakan diambil jenis pembebanan terbesar yang akan dilayani jalan truk peti kemas dengan 3 sumbu roda seperti pada gambar 4.6 dan 4.7:



Gambar 4. 6 Pembebanan Pada Setiap As Roda (<http://pembebanan-as-roda>)



Gambar 4. 7 Distribusi Beban Terhadap Perkerasan (<http://pembebanan-as-roda>)

Beban Roda : $T = 5 \text{ t} = 5000 \text{ kg}$

Bidang Roda : $t_x = 50 \text{ cm} + 2 \cdot (1,75) = 85 \text{ cm} = 0,85 \text{ m}$

$t_y = 30 \text{ cm} + 2 \cdot (1,75) = 65 \text{ cm} = 0,65 \text{ m}$

Bidang Kontak : $b_{xy} = 0,85 \cdot 0,65 = 0,553 \text{ m}^2$

Muatan T disebar : $T' = 5000 / 0,553 = 904,59 \text{ kg/m}^2 = 90,42 \text{ kN/m}^2$

Jadi, beban truk terhadap perkerasan adalah $90,42 \text{ kN/m}^2$

4.2.6 Tahap Analisa pada PLAXIS V 8.6

Tahap analisa merupakan tahapan pekerjaan mulai dari tahapan pada kondisi awal saat belum dilaksanakan pekerjaan, tahap konstruksi dan tahap konsolidasi. Untuk pekerjaan konsolidasi memiliki beberapa tahapan yaitu tahap konsolidasi pada 180 hari pada pekerjaan konstruksi dan tahap konsolidasi pada 1 tahun, 3 tahun, 10 tahun dan 50 tahun. Lebih lengkapnya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. 5 Tahapan Pekerjaan PLAXIS V8.6

<i>Identification</i>	<i>Phase</i>	<i>Start From</i>	<i>Calculation</i>	<i>Loading Input</i>	<i>Time (day)</i>
<i>Initial Phase</i>	0	0	N/A	N/A	0
Timbunan Jagaan 1	1	0	<i>Plastic</i>	<i>Total Multiplier</i>	10
Timbunan Jagaan 2	2	1	<i>Plastic</i>	<i>Stage Construction</i>	10
Konsolidasi 100 Hari	3	2	<i>Consolidation</i>	<i>Stage Construction</i>	100
Instal PVD	4	3	<i>Plastic</i>	<i>Stage Construction</i>	14
Instal Vacuum	5	4	<i>Plastic</i>	<i>Stage Construction</i>	1
Timbunan Tahap 1	6	5	<i>Plastic</i>	<i>Stage Construction</i>	1
Konsolidasi Timbunan Tahap 1	7	6	<i>Consolidation</i>	<i>Stage Construction</i>	27
Timbunan Tahap 2	8	7	<i>Plastic</i>	<i>Stage Construction</i>	1
Konsolidasi Timbunan Tahap 2	9	8	<i>Consolidation</i>	<i>Stage Construction</i>	27
Timbunan Tahap 3	10	9	<i>Plastic</i>	<i>Stage Construction</i>	1
Konsolidasi Timbunan Tahap 3	11	10	<i>Consolidation</i>	<i>Stage Construction</i>	27
Timbunan Tahap 4	12	11	<i>Plastic</i>	<i>Stage Construction</i>	1

<i>Identification</i>	<i>Phase</i>	<i>Start From</i>	<i>Calculation</i>	<i>Loading Input</i>	<i>Time (day)</i>
Konsolidasi Timbunan Tahap 4	13	12	Consolidation	Stage Construction	27
Timbunan Tahap 5	14	13	Plastic	Stage Construction	1
Konsolidasi Timbunan Tahap 5	15	14	Consolidation	Stage Construction	27
Preload	16	15	Plastic	Stage Construction	1
Konsolidasi Timbunan Preload	17	16	Consolidation	Stage Construction	27
Vacuum Off	18	17	Plastic	Stage Construction	1
Konsolidasi 100 hari	19	18	Consolidation	Stage Construction	100
Unload	20	19	Plastic	Stage Construction	5
Tahap Perkerasan	21	20	Plastic	Stage Construction	28
Service Load	22	21	Plastic	Stage Construction	1
Konsolidasi 1 Tahun	23	22	Consolidation	Stage Construction	365
Konsolidasi 3 Tahun	24	23	Consolidation	Stage Construction	730
Konsolidasi 10 Tahun	25	24	Consolidation	Stage Construction	2555
SF Tahap	26	20	Phi/C	Incremental	0

<i>Identification</i>	<i>Phase</i>	<i>Start From</i>	<i>Calculation</i>	<i>Loading Input</i>	<i>Time (day)</i>
Perkerasan			<i>Reduction</i>	<i>Multipliers</i>	
SF Service Load	27	21	<i>Phi/C Reduction</i>	<i>Incremental Multipliers</i>	0
SF Konsolidasi 1 Tahun	28	22	<i>Phi/C Reduction</i>	<i>Incremental Multipliers</i>	0
SF Konsolidasi 3 Tahun	29	23	<i>Phi/C Reduction</i>	<i>Incremental Multipliers</i>	0
SF Konsolidasi 10 Tahun	30	24	<i>Phi/C Reduction</i>	<i>Incremental Multipliers</i>	0

Tabel diatas adalah tahapan-tahapan pekerjaan, berikut adalah penjelasan dari tiap tahapan yang dikerjakan pada proses kalkulasi pada PLAXIS:

1. *Initial phase/ Kondisi Awal*

Tahap awal (*initial phase*) merupakan bentuk default dari program PLAXIS V.8.6 (*Phase 0*).

2. *Timbunan Jagaan 1 (1 meter)*

Tahap pekerjaan berikutnya adalah pekerjaan timbunan jagaan setinggi 1 meter pada tiap timbunannya, lamanya waktu penimbunan tiap tahap adalah 5 hari. Langkah yang perlu dilakukan adalah dengan mengisi kolom *number/ID* dengan nama TIMBUNAN JAGAAN 1, untuk pekerjaan awal dimulai dari tahap (*Star from phase*) pilih KONDISI AWAL dan jenis perhitungan (*Calculation type*) yang digunakan adalah *Consolidation*.

Umum | Parameter | Pengali | Tampilan

Tahap
 Nomor / ID.: 1 TIMBUNAN JAGAAN 1
 Mulai dari tahap: 0 - Tahap awal

Jenis perhitungan
 Analisa plastis

Informasi perhitungan
 Kondisi batas yang ditentukan sepenuhnya tercapai

Komentar

Parameter

Umum | Parameter | Pengali | Tampilan

Parameter pengatur
 Langkah tambahan: 250

Prosedur iterasi
☒ Pengaturan standar
☐ Pengaturan manual

Masukan pembebanan
☒ Tahapan konstruksi
☐ Faktor pengali total
☐ Peningkatan faktor pengali

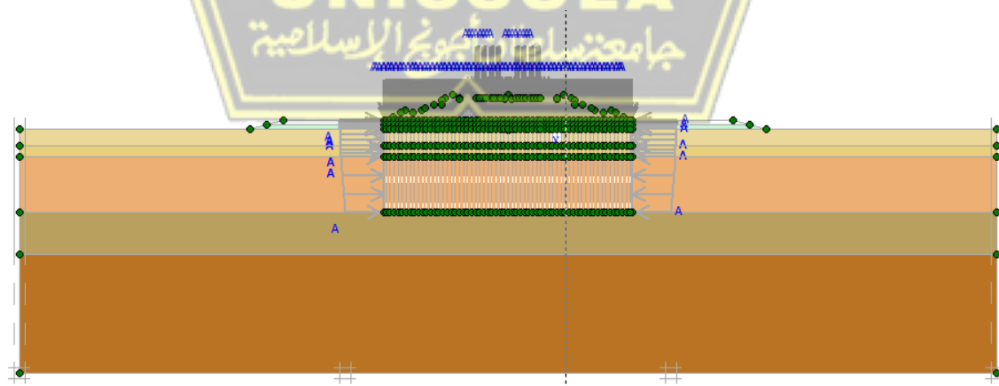
Interval waktu: 10,0000 hari
 Waktu akhir aktual: 10,0000 hari

Atur perpindahan menjadi nol
☐
 Abaikan perilaku tak terdrainase
☐ Hapus langkah sebelumnya

Tingkat lanjut...
 Tentukan...
 Aliran Air Tanah...

Gambar 4. 8 *Input Phase Timbunan Jagaan 1*

Selanjutnya klik parameter, pada menu *Loading Input* pilih *Stage Construction* karena pada tahap ini akan terjadi pekerjaan perbaikan tanah lunak dengan metode *Vacuum*. Langkah berikutnya adalah penentuan waktu lamanya proses yaitu selama 5 hari, maka dari itu pada menu *Time interval* diisi 5 hari, untuk mengaktifkan timbunan pada permodelan maka klik *define* dan klik *update* untuk memperbaharui lapisan tanah jagaan 1.



Gambar 4. 9 *Define Phase Install Jagaan 1*

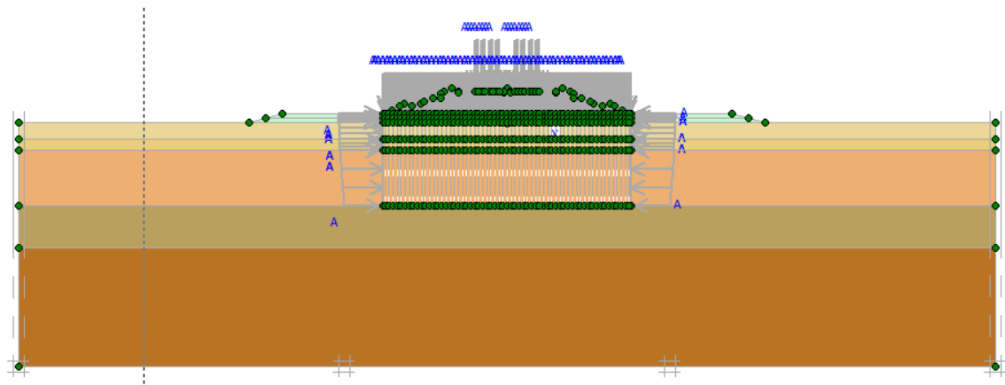
3. Timbunan Jagaan 2 (1 meter)

Tahap pekerjaan berikutnya adalah pekerjaan timbunan jagaan setinggi 1 meter pada tiap timbunannya, lamanya waktu penimbunan tiap tahap adalah 5 hari. Langkah yang perlu dilakukan adalah dengan mengisi kolom *number*/ID dengan nama TIMBUNAN JAGAAN 2, untuk pekerjaan awal dimulai dari tahap (*Star from phase*) pilih TIMBUNAN JAGAAN 1 dan jenis perhitungan (*Calculation type*) yang digunakan adalah *Consolidation*.

The image shows two screenshots of a software interface for 'Timbunan Jagaan 2'. The top screenshot displays the 'Tahap' (Stage) section with 'Nomor / ID.' set to 2 and 'TIMBUNAN JAGAAN 2'. The 'Mulai dari tahap:' (Start from stage) is set to '1 - TIMBUNAN JAGAAN 1'. The 'Jenis perhitungan' (Calculation type) is set to 'Analisa plastis'. The 'Informasi perhitungan' (Calculation information) section shows 'Kondisi batas yang ditentukan sepenuhnya tercapai'. The bottom screenshot shows the 'Parameter' section with 'Langkah tambahan' (Additional steps) set to 250. The 'Prosedur iterasi' (Iteration procedure) is set to 'Pengaturan standar'. The 'Masukan pembebanan' (Load input) section has 'Tahapan konstruksi' (Construction stage) selected. The 'Interval waktu' (Time interval) is set to 10,0000 hari, and the 'Waktu akhir aktual' (Actual end time) is set to 20,0000 hari. The 'Aliran Air Tanah' (Groundwater flow) section is also visible.

Gambar 4. 10 *Input Phase* Timbunan Jagaan 2

Selanjutnya klik parameter, pada menu *Loading Input* pilih *Stage Construction* karena pada tahap ini akan terjadi pekerjaan perbaikan tanah lunak dengan metode *Vacuum*. Langkah berikutnya adalah penentuan waktu lamanya proses yaitu selama 5 hari, maka dari itu pada menu *Time interval* diisi 5 hari, untuk mengaktifkan timbunan pada permodelan maka klik *define* dan klik *update* untuk memperbaharui lapisan tanah jagaan 2.



Gambar 4. 11 *Define Phase Install Timbunan Jagaan 2*

4. Konsolidasi 100 Hari

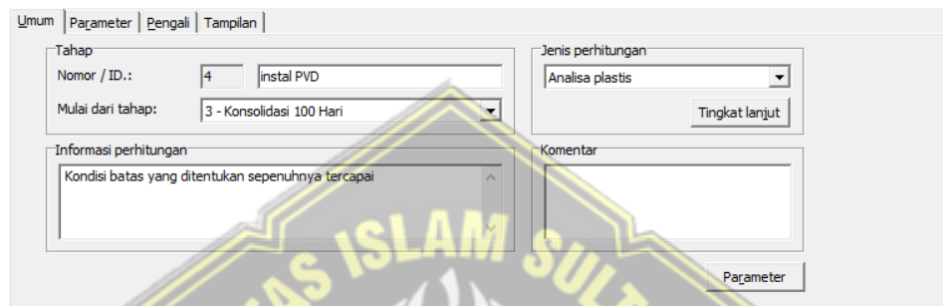
Setelah timbunan jagaan telah terpasang maka langkah selanjutnya adalah konsolidasi selama 100 hari. Langkah yang perlu dilakukan adalah dengan mengisi kolom *number*/ID dengan nama KONSOLIDASI 100 HARI, untuk pekerjaan awal dimulai dari tahap (*Start from phase*) pilih Timbunan Jagaan 2 dan jenis perhitungan (*Calculation type*) yang digunakan adalah *Consolidation*.

The screenshot shows the 'Parameter' tab of the software interface. The 'Tahap' (Phase) section includes 'Nomor / ID.: 3' and 'Konsolidasi 100 Hari'. The 'Jenis perhitungan' (Calculation type) is set to 'Analisa konsolidasi'. The 'Informasi perhitungan' (Calculation information) section shows 'Waktu batas yang ditentukan sepenuhnya tercapai 1.19992E+02 >= 1.20000E+02'. The 'Masukan pembebanan' (Load input) section includes 'Tahapan konstruksi' (Construction stages) with 'Tekanan air pori minimum' (Minimum pore water pressure) set to '1,0000 kN/m²'. The 'Interval waktu' (Time interval) is set to '100,000 hari' and 'Waktu akhir aktual' (Actual end time) is set to '120,000 hari'.

Gambar 4. 12 *Input Phase Konsolidasi 100 Hari*

5. Instal PVD (*Pre-Fabricated Vertical Drain*)

Pada tahap pemasangan PVD (*Pre-Fabricated Vertical Drain*), rata-rata waktu yang dibutuhkan dalam proses pemasangan berkisar 14 hari. Langkah yang perlu dilakukan adalah dengan mengisi kolom *number*/ID dengan nama *INSTALL PVD*, untuk pekerjaan awal dimulai dari tahap (*Star from phase*) pilih TIMBUNAN JAGAAN 2 dan jenis perhitungan (*Calculation type*) yang digunakan adalah *Plastic*.



Gambar 4. 13 *Input Phase Instal PVD*

Untuk pemasangan parameter PVD yang digunakan yaitu dengan mengaktifkan *Reset displacement* pada menu *Control Parameter*, fungsi dari pengaktifan ini adalah agar kalkulasi permodelan memulai perhitungan penurunan tanah dari awal. Hal ini terjadi karena pekerjaan PVD adalah langkah awal dalam pekerjaan perbaikan tanah, sehingga hasil didapatkan dari proses penurunan tanah adalah hasil dari awal pemasangan PVD hingga akhir pekerjaan konstruksi. Selanjutnya pada menu *Loading Input* pilih *Stage Construction* karena pada tahap ini terjadi pekerjaan perbaikan tanah lunak dengan metode *Vacuum*. Langkah berikutnya adalah penentuan waktu lamanya proses yaitu selama 14 hari, maka dari itu pada menu *Time interval* diisi 14 hari.

Unum | Parameter | Pengali | Tampilan

Parameter pengatur
Langkah tambahan: 250

☐ Atur perpindahan menjadi nol
☐ Abaikan perilaku tak terdrainase
☒ Hapus langkah sebelumnya

Prosedur iterasi
☒ Pengaturan standar
☐ Pengaturan manual

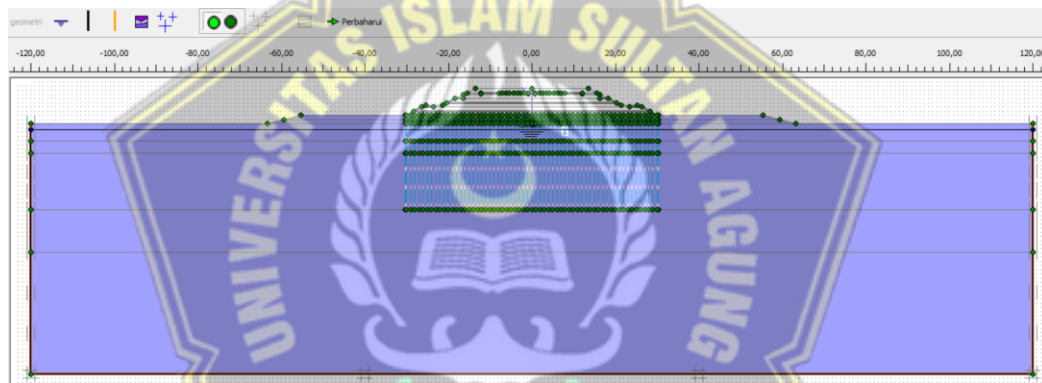
Masukan pembebanan
☒ Tahapan konstruksi
☐ Faktor pengali total
☐ Peningkatan faktor pengali

Interval waktu: 14,0000 hari
Waktu akhir aktual: 134,0000 hari

Tentukan... Tingkat lanjut... Aliran Air Tanah...

Gambar 4. 14 *Input Phase Instal PVD*

Untuk mengaktifkan daerah pemasangan PVD dilakukan dengan cara memilih menu *define* pada tab Parameters. Dalam mengaktifkan material PVD ini yang perlu dilakukan adalah dengan menyalakan atau menginstall PVD yang telah dilakukan permodelan sebelumnya.



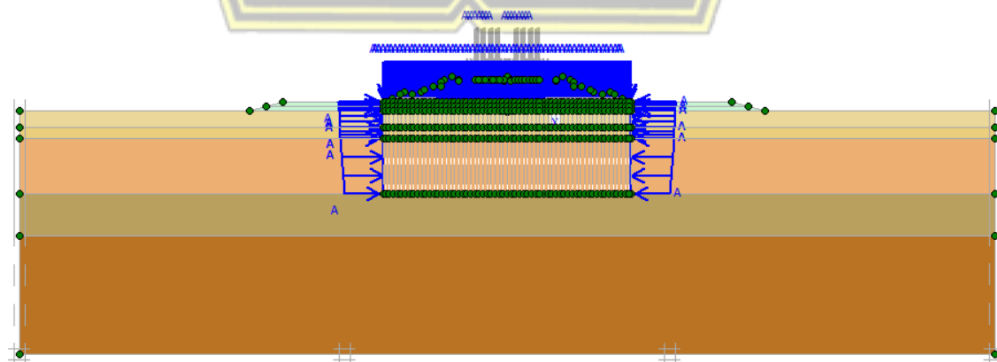
Gambar 4. 15 *Instal Tanah Daerah PVD*

6. Instal Vacuum

Pada tahap pekerjaan *vacuum* rata-rata waktu yang dibutuhkan dalam proses pekerjaan berkisar 14 hari. Langkah yang perlu dilakukan adalah dengan mengisi kolom *number/ID* dengan nama *INSTAL VACUUM*, untuk pekerjaan awal dimulai dari tahap (*Star from phase*) pilih *INSTAL PVD* dan jenis perhitungan (*Calculation type*) yang digunakan adalah *Consolidation*.

Gambar 4. 16 *Input Phase Instal Vacuum*

Selanjutnya pada menu *Loading Input* pilih *Stage Construction* karena pada tahap ini terjadi pekerjaan perbaikan tanah lunak dengan metode *Vacuum*. Langkah berikutnya adalah penentuan waktu lamanya proses yaitu selama 14 hari, maka dari itu pada menu *Time interval* diisi 14 hari. Pada tahap ini diaplikasikan beban sebesar 70 kN/m pada bagian permukaan dan 80 kN/m – 70 kN/m untuk beban samping dari elevasi permukaan hingga elevasi yang ditentukan, untuk mengaktifkan beban *vacuum* pada permodelan maka klik *define* dan aktifkan beban yang berada pada permodelan tersebut.



Gambar 4. 17 *Instal Gaya Vakum*

7. Timbunan Tahap 1 (Setinggi 1 meter)

Tahap pekerjaan berikutnya adalah pekerjaan timbunan berkala setinggi 1 meter pada tiap timbunannya, lamanya waktu penimbunan tiap tahap adalah 1 hari. Langkah yang perlu dilakukan adalah dengan mengisi kolom *number*/ID dengan nama TIMBUNAN TAHAP 1, untuk pekerjaan awal dimulai dari tahap (*Star from phase*) pilih INSTALL VACUUM dan jenis perhitungan (*Calculation type*) yang digunakan adalah *Plastic*.

The screenshot displays a software interface with two tabs: 'Umum' (General) and 'Parameter'. The 'Umum' tab is active, showing the following fields:

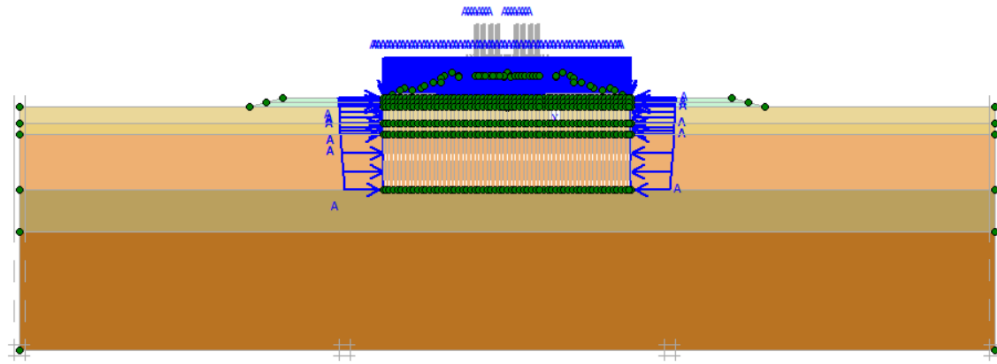
- Tahap** (Stage):
 - Nomor / ID.: 6
 - Detail: TIMBUNAN TAHAP 1
 - Mulai dari tahap: 5 - INSTAL VAKUUM
- Jenis perhitungan** (Calculation type): Analisa plastis
- Informasi perhitungan** (Calculation information): Kondisi batas yang ditentukan sepenuhnya tercapai
- Komentar** (Comments): Empty text area
- Parameter** (Parameters): Button to view parameters

The 'Parameter' tab is also visible, showing the following settings:

- Parameter pengatur** (Control parameters):
 - Langkah tambahan: 250
 - ☐ Atur perpindahan menjadi nol
 - ☐ Abaikan perilaku tak terdrainase
 - ☒ Hapus langkah sebelumnya
- Prosedur iterasi** (Iteration procedure):
 - ☒ Pengaturan standar
 - ☐ Pengaturan manual
- Masukan pembebanan** (Load input):
 - ☒ Tahapan konstruksi
 - ☐ Faktor pengali total
 - ☐ Peningkatan faktor pengali
- Interval waktu** (Time interval): 1,0000 hari
- Waktu akhir aktual** (Actual end time): 136,0000 hari
- Aliran Air Tanah** (Groundwater flow): Button to view groundwater flow

Gambar 4. 18 Input Phase Timbunan Tahap 1

Selanjutnya pada menu *Loading Input* pilih *Stage Construction* karena pada tahap ini terjadi pekerjaan perbaikan tanah lunak dengan metode *Vacuum*. Langkah berikutnya adalah penentuan waktu lamanya proses yaitu selama 1 hari, maka dari itu pada menu *Time interval* diisi 1 hari, untuk mengaktifkan timbunan pada permodelan maka klik *define* dan klik *update* untuk memperbaharui.



Gambar 4. 19 *Define Phase* Timbunan Tahap 1

8. Konsolidasi Timbunan Tahap 1

Setelah timbunan tahap 1 telah terpasang maka langkah selanjutnya adalah konsolidasi selama 4 hari. Langkah yang perlu dilakukan adalah dengan mengisi kolom *number*/ID dengan nama KONSOLIDASI TAHAP 1, untuk pekerjaan awal dimulai dari tahap (*Star from phase*) pilih TIMBUNAN TAHAP 1 dan jenis perhitungan (*Calculation type*) yang digunakan adalah *Consolidation*.

The screenshot displays the 'Define Phase' input screen for consolidation. It is divided into two main sections: 'Tahap' (Stage) and 'Parameter'.

Tahap Section:

- Nomor / ID:** 7 KONSOLIDASI TAHAP 1
- Mulai dari tahap:** 6 - TIMBUNAN TAHAP 1
- Jenis perhitungan:** Analisa konsolidasi
- Informasi perhitungan:** Waktu batas yang ditentukan sepenuhnya tercapai 2.02000E+02 >= 2.02000E+02
- Komentar:** (Empty text box)

Parameter Section:

- Parameter pengatur:** Langkah tambahan: 250
- Prosedur iterasi:**
 - ☒ Pengaturan standar
 - ☐ Pengaturan manual
- Masukan pembebanan:**
 - ☒ Tahapan konstruksi
 - ☐ Tekanan air pori minimum
 - ☐ Peningkatan faktor pengali
- Interval waktu:** 27,0000 hari
- Waktu akhir aktual:** 163,0000 hari
- IP-stop:** 1,0000 kN/m²

Gambar 4. 20 *Input Phase* Konsolidasi Tahap 1

9. Timbunan Tahap 2 (Setinggi 1 meter)

Tahap pekerjaan berikutnya adalah pekerjaan timbunan tahap 2 setinggi 1 meter sehingga tinggi timbunan menjadi 2 meter, lamanya waktu penimbunan tiap tahap adalah 1 hari. Langkah yang perlu dilakukan adalah dengan mengisi kolom *number*/ID dengan nama TIMBUNAN TAHAP 2, untuk pekerjaan awal dimulai dari tahap (*Star from phase*) pilih KONSOLIDASI TAHAP 1 dan jenis perhitungan (*Calculation type*) yang digunakan adalah *Plastic*.

The image shows two screenshots of a software interface for 'Timbunan Tahap 2'. The top screenshot shows the 'Umum' (General) tab with fields for 'Tahap' (Stage), 'Nomor / ID.' (Number / ID.), 'Mulai dari tahap:' (Start from phase), 'Jenis perhitungan' (Calculation type), 'Informasi perhitungan' (Calculation information), and 'Komentar' (Comment). The bottom screenshot shows the 'Parameter' tab with fields for 'Parameter pengatur' (Control parameter), 'Langkah tambahan:' (Additional steps), 'Prosedur iterasi' (Iteration procedure), 'Masukan pembebanan' (Load input), 'Interval waktu:' (Time interval), and 'Waktu akhir aktual:' (Actual end time).

Umum | Parameter | Pengali | Tampilan

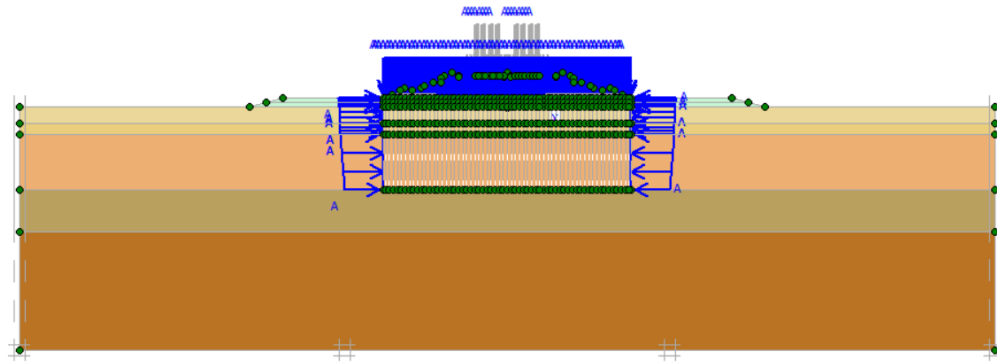
Tahap
Nomor / ID.: 8 TIMBUNAN TAHAP 2
Mulai dari tahap: 7 - KONSOLIDASI TAHAP 1
Jenis perhitungan: Analisa plastis
Informasi perhitungan: Kondisi batas yang ditentukan sepenuhnya tercapai
Komentar
Parameter

Umum | Parameter | Pengali | Tampilan

Parameter pengatur
Langkah tambahan: 250
Prosedur iterasi: ☒ Pengaturan standar ☐ Pengaturan manual
Masukan pembebanan: ☒ Tahapan konstruksi ☐ Faktor pengali total ☐ Peningkatan faktor pengali
Interval waktu: 1,0000 hari
Waktu akhir aktual: 164,0000 hari
Atur perpindahan menjadi nol
Abaikan perilaku tak terdrainase
Hapus langkah sebelumnya
Tentukan...
Tentukan...
Tentukan...
Tentukan...

Gambar 4. 21 *Input Phase* Timbunan Tahap 2

Selanjutnya pada menu *Loading Input* pilih *Stage Construction* karena pada tahap ini terjadi pekerjaan perbaikan tanah lunak dengan metode *Vacuum*. Langkah berikutnya adalah penentuan waktu lamanya proses yaitu selama 1 hari, maka dari itu pada menu *Time interval* diisi 1 hari, untuk mengaktifkan timbunan dan lapisan geotextile pada permodelan maka klik *define* dan klik *update* untuk memperbaharui.



Gambar 4. 22 Define Phase Timbunan Tahap 2

10. Konsolidasi Timbunan Tahap 2

Setelah timbunan tahap 2 telah terpasang maka langkah selanjutnya adalah konsolidasi selama 4 hari. Langkah yang perlu dilakukan adalah dengan mengisi kolom *number/ID* dengan nama KONSOLIDASI TAHAP 2, untuk pekerjaan awal dimulai dari tahap (*Star from phase*) pilih TIMBUNAN TAHAP 2 dan jenis perhitungan (*Calculation type*) yang digunakan adalah *Consolidation*.

Umum | Parameter | Pengali | Tampilan

Tahap
 Nomor / ID : 9 KONSOLIDASI TAHAP 2
 Mulai dari tahap: 8 - TIMBUNAN TAHAP 2

Jenis perhitungan
 Analisa konsolidasi
 Tingkat lanjut

Informasi perhitungan
 Waktu batas yang ditentukan sepenuhnya tercapai
 2.12000E+02 >= 2.12000E+02

Komentar

Parameter

Umum | Parameter | Pengali | Tampilan

Parameter pengatur
 Langkah tambahan: 250

Prosedur iterasi
☒ Pengaturan standar
☐ Pengaturan manual

Masukan pembebanan
☒ Tahapan konstruksi
☐ Tekanan air pori minimum |P-stop| : 1,0000 kN/m²
☐ Peningkatan faktor pengali

Interval waktu: 27,0000 hari Tentukan...
 Waktu akhir aktual: 191,0000 hari Aliran Air Tanah...

Gambar 4. 23 Input Phase Konsolidasi Tahap 2

11. Timbunan Tahap 3 (Setinggi 1 meter)

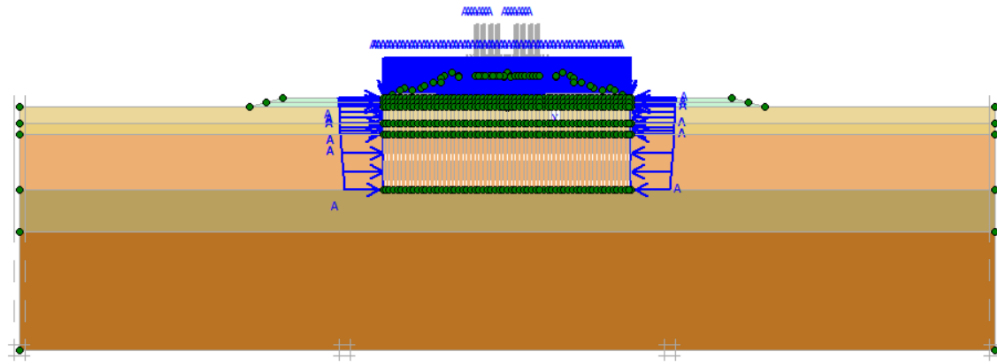
Tahap pekerjaan berikutnya adalah pekerjaan timbunan tahap 3 setinggi 1 meter sehingga tinggi timbunan menjadi 3 meter, lamanya waktu penimbunan tiap tahap adalah 1 hari. Langkah yang perlu dilakukan adalah dengan mengisi kolom *number*/ID dengan nama TIMBUNAN TAHAP 3, untuk pekerjaan awal dimulai dari tahap (*Star from phase*) pilih KONSOLIDASI TAHAP 2 dan jenis perhitungan (*Calculation type*) yang digunakan adalah *Plastic*.

The image shows two screenshots of a software interface for 'Timbunan Tahap 3'. The top screenshot shows the 'Umum' (General) tab with fields for 'Tahap' (Stage), 'Nomor / ID.' (Number / ID.), 'Mulai dari tahap:' (Start from stage), 'Jenis perhitungan' (Calculation type), 'Informasi perhitungan' (Calculation information), and 'Komentar' (Comment). The bottom screenshot shows the 'Parameter' tab with fields for 'Parameter pengatur' (Control parameter), 'Langkah tambahan' (Additional steps), 'Prosedur iterasi' (Iteration procedure), 'Masukan pembebanan' (Load input), 'Interval waktu' (Time interval), and 'Waktu akhir aktual' (Actual end time).

Tab	Field	Value
Umum	Tahap	10
	Nomor / ID.	TIMBUNAN TAHAP 3
	Mulai dari tahap:	9 - KONSOLIDASI TAHAP 2
	Jenis perhitungan	Analisa plastis
	Informasi perhitungan	Kondisi batas yang ditentukan sepenuhnya tercapai
Parameter	Langkah tambahan	250
	Atur perpindahan menjadi nol	☐
	Abaikan perilaku tak terdrainase	☐
	Hapus langkah sebelumnya	☒
	Pengaturan standar	☒
	Pengaturan manual	☐
	Tahapan konstruksi	☒
	Faktor pengali total	☐
	Peningkatan faktor pengali	☐
	Interval waktu	1,0000 hari
Waktu akhir aktual	192,0000 hari	

Gambar 4. 24 Input Phase Tmbunan Tahap 3

Selanjutnya pada menu *Loading Input* pilih *Stage Construction* karena pada tahap ini terjadi pekerjaan perbaikan tanah lunak dengan metode *Vacuum*. Langkah berikutnya adalah penentuan waktu lamanya proses yaitu selama 1 hari, maka dari itu pada menu *Time interval* diisi 1 hari, untuk mengaktifkan timbunan pada permodelan maka klik *define* dan klik *update* untuk memperbaharui.



Gambar 4. 25 Define Phase Timbunan Tahap 3

12. Konsolidasi Tahap 3

Setelah timbunan tahap 3 telah terpasang maka langkah selanjutnya adalah konsolidasi selama 4 hari. Langkah yang perlu dilakukan adalah dengan mengisi kolom *number/ID* dengan nama KONSOLIDASI TAHAP 3, untuk pekerjaan awal dimulai dari tahap (*Star from phase*) pilih TIMBUNAN TAHAP 3 dan jenis perhitungan (*Calculation type*) yang digunakan adalah *Consolidation*.

Umum | Parameter | Pengali | Tampilan

Tahap
Nomor / ID.: 11 KONSOLIDASI TAHAP 3
Mulai dari tahap: 10 - TIMBUNAN TAHAP 3

Jenis perhitungan
Analisa konsolidasi
Tingkat lanjut

Informasi perhitungan
Waktu batas yang ditentukan sepenuhnya tercapai
2.22000E+02 >= 2.22000E+02

Komentar

Parameter

Umum | Parameter | Pengali | Tampilan

Parameter pengatur
Langkah tambahan: 250

Prosedur iterasi
☒ Pengaturan standar
☐ Pengaturan manual

Masukan pembebanan
☒ Tahapan konstruksi
☐ Tekanan air pori minimum | P-stop | : 1,0000 kN/m²
☐ Peningkatan faktor pengali

Interval waktu: 27,0000 hari Tentukan...
 Waktu akhir aktual: 219,0000 hari Aliran Air Tanah...

Gambar 4. 26 Input Phase Konsolidasi Tahap 3

13. Timbunan Tahap 4 (Setinggi 1 meter)

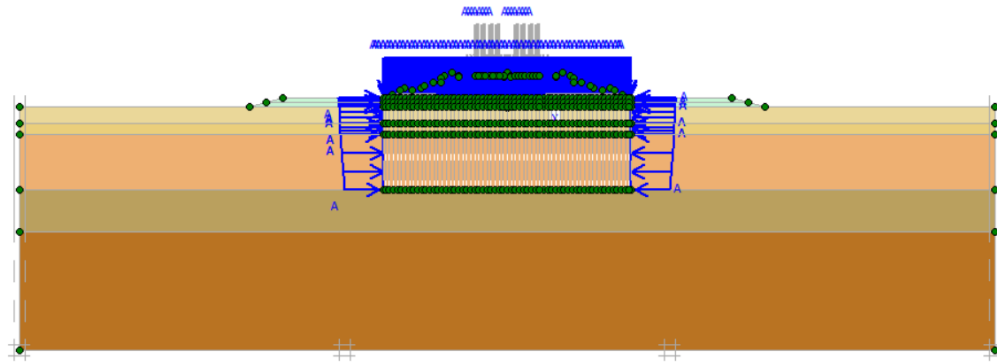
Tahap pekerjaan berikutnya adalah pekerjaan timbunan tahap 4 setinggi 1 meter sehingga tinggi timbunan menjadi 4 meter, lamanya waktu penimbunan tiap tahap adalah 1 hari. Langkah yang perlu dilakukan adalah dengan mengisi kolom *number*/ID dengan nama TIMBUNAN TAHAP 4, untuk pekerjaan awal dimulai dari tahap (*Star from phase*) pilih KONSOLIDASI TAHAP 3 dan jenis perhitungan (*Calculation type*) yang digunakan adalah *Plastic*.

Umum	Parameter	Pengali	Tampilan
Tahap Nomor / ID.: 12 TIMBUNAN TAHAP 4 Mulai dari tahap: 11 - KONSOLIDASI TAHAP 3		Jenis perhitungan Analisa plastis Tingkat lanjut	
Informasi perhitungan Kondisi batas yang ditentukan sepenuhnya tercapai		Komentar 	
Parameter			

Umum	Parameter	Pengali	Tampilan
Parameter pengatur Langkah tambahan: 250		☐ Atur perpindahan menjadi nol ☐ Abakan perilaku tak terdrainase ☒ Hapus langkah sebelumnya	
Prosedur iterasi ☐ Pengaturan standar ☐ Pengaturan manual		Masukan pembebanan ☒ Tahapan konstruksi ☐ Faktor pengali total ☐ Peningkatan faktor pengali Tingkat lanjut...	
Tentukan...		Interval waktu: 1,000 hari Waktu akhir aktual: 220,000 hari Tentukan...	
Aliran Air Tanah...			

Gambar 4. 27 *Input Phase* Timbunan Tahap 4

Selanjutnya pada menu *Loading Input* pilih *Stage Construction* karena pada tahap ini terjadi pekerjaan perbaikan tanah lunak dengan metode *Vacuum*. Langkah berikutnya adalah penentuan waktu lamanya proses yaitu selama 1 hari, maka dari itu pada menu *Time interval* diisi 1 hari, untuk mengaktifkan timbunan dan lapisan *geotextile* pada permodelan maka klik *define* dan klik *update* untuk memperbaharui.



Gambar 4. 28 *Define Phase* Timbunan Tahap 4

14. Konsolidasi Tahap 4

Setelah timbunan tahap 4 telah terpasang maka langkah selanjutnya adalah konsolidasi selama 4 hari. Langkah yang perlu dilakukan adalah dengan mengisi kolom *number/ID* dengan nama KONSOLIDASI TAHAP 4, untuk pekerjaan awal dimulai dari tahap (*Star from phase*) pilih TIMBUNAN TAHAP 4 dan jenis perhitungan (*Calculation type*) yang digunakan adalah *Consolidation*.

Gambar 4. 29 *Input Phase* Konsolidasi Tahap 4

15. Timbunan Tahap 5 (Setinggi 1 meter)

Tahap pekerjaan berikutnya adalah pekerjaan timbunan tahap 5 setinggi 1 meter sehingga tinggi timbunan menjadi 5 meter, lamanya waktu penimbunan tiap tahap adalah 1 hari. Langkah yang perlu dilakukan adalah dengan mengisi kolom *number*/ID dengan nama TIMBUNAN TAHAP 5, untuk pekerjaan awal dimulai dari tahap (*Star from phase*) pilih KONSOLIDASI TAHAP 4 dan jenis perhitungan (*Calculation type*) yang digunakan adalah *Plastic*.

The image shows two screenshots of a software interface for 'Timbunan Tahap 5'. The top screenshot shows the 'Umum' (General) tab with fields for 'Tahap' (Stage), 'Nomor / ID.' (Number / ID.), 'Mulai dari tahap:' (Start from stage:), 'Jenis perhitungan' (Calculation type), 'Informasi perhitungan' (Calculation information), and 'Komentar' (Comment). The bottom screenshot shows the 'Parameter' tab with fields for 'Parameter pengatur' (Control parameter), 'Prosedur iterasi' (Iteration procedure), 'Masukan pembebanan' (Load input), and 'Interval waktu' (Time interval).

Umum | Parameter | Pengali | Tampilan

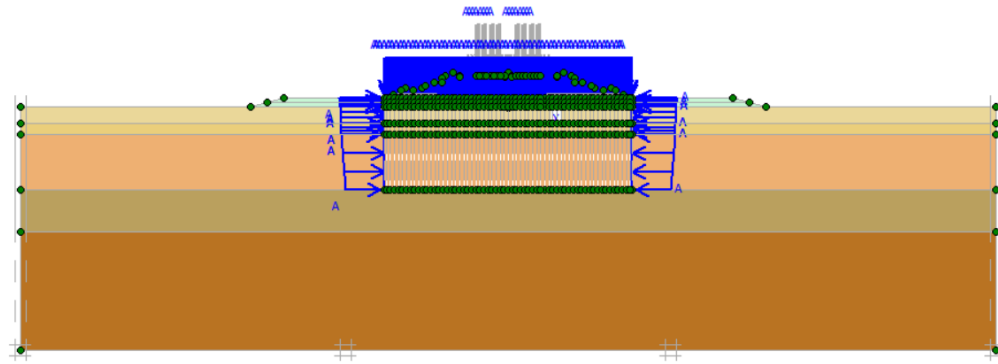
Tahap
Nomor / ID.: 14 TIMBUNAN TAHAP 5
Mulai dari tahap: 13 - KONSOLIDASI TAHAP 4
Jenis perhitungan: Analisa plastis
Informasi perhitungan: Kondisi batas yang ditentukan sepenuhnya tercapai
Komentar
Parameter

Umum | Parameter | Pengali | Tampilan

Parameter pengatur
Langkah tambahan: 250
Prosedur iterasi: ☒ Pengaturan standar ☐ Pengaturan manual
Masukan pembebanan: ☒ Tahapan konstruksi ☐ Faktor pengali total ☐ Peningkatan faktor pengali
Interval waktu: 1,0000 hari
Waktu akhir aktual: 248,0000 hari
Atur perpindahan menjadi nol
Abaikan perilaku tak terdrainase
Hapus langkah sebelumnya
Tentukan...
Tentukan...
Aliran Air Tanah...

Gambar 4. 30 Input Phase Timbunan Tahap 5

Selanjutnya pada menu *Loading Input* pilih *Stage Construction* karena pada tahap ini terjadi pekerjaan perbaikan tanah lunak dengan metode *Vacuum*. Langkah berikutnya adalah penentuan waktu lamanya proses yaitu selama 1 hari, maka dari itu pada menu *Time interval* diisi 1 hari, untuk mengaktifkan timbunan pada permodelan maka klik *define* dan klik *update* untuk memperbaharui.



Gambar 4. 31 *Define Phase* Timbunan Tahap 5

16. Konsolidasi Tahap 5

Setelah timbunan tahap 5 telah terpasang maka langkah selanjutnya adalah konsolidasi selama 4 hari. Langkah yang perlu dilakukan adalah dengan mengisi kolom *number*/ID dengan nama KONSOLIDASI TAHAP 5, untuk pekerjaan awal dimulai dari tahap (*Star from phase*) pilih TIMBUNAN TAHAP 5 dan jenis perhitungan (*Calculation type*) yang digunakan adalah *Consolidation*.

Gambar 4. 32 *Input Phase* Konsolidasi Tahap 5

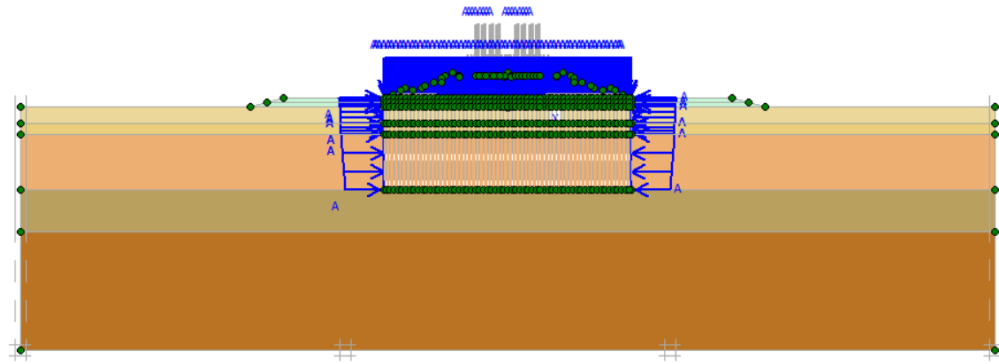
17. Timbunan Tahap 6 (Setinggi 0,42 meter)

Tahap pekerjaan berikutnya adalah pekerjaan timbunan tahap 6 setinggi 0,42 meter sehingga tinggi timbunan menjadi 6,42 meter, lamanya waktu penimbunan tiap tahap adalah 1 hari. Langkah yang perlu dilakukan adalah dengan mengisi kolom *number*/ID dengan nama TIMBUNAN TAHAP 6, untuk pekerjaan awal dimulai dari tahap (*Start from phase*) pilih KONSOLIDASI TAHAP 5 dan jenis perhitungan (*Calculation type*) yang digunakan adalah *Plastic*.

The screenshot shows a software interface with two main panels. The top panel is titled 'Tahap' and contains fields for 'Nomor / ID.: 16' and 'TIMBUNAN TAHAP 6'. Below this is a dropdown menu for 'Mulai dari tahap:' set to '15 - KONSOLIDASI TAHAP 5'. To the right, there is a 'Jenis perhitungan' dropdown set to 'Analisa plastis' and a 'Tingkat lanjut' button. The bottom panel is titled 'Parameter pengatur' and contains a 'Langkah tambahan:' dropdown set to '250'. Below this are two radio buttons for 'Prosedur iterasi': 'Pengaturan standar' (selected) and 'Pengaturan manual'. To the right, there are checkboxes for 'Atur perpindahan menjadi nol' (unchecked), 'Abaikan perilaku tak terdrainase' (unchecked), and 'Hapus langkah sebelumnya' (checked). Below these are two radio buttons for 'Masukan pembebanan': 'Tahapan konstruksi' (selected), 'Faktor pengali total' (unchecked), and 'Peningkatan faktor pengali' (unchecked). At the bottom, there are input fields for 'Interval waktu' (1,000 hari) and 'Waktu akhir aktual' (276,000 hari). A large watermark of Universitas Islam Sultan Agung is visible over the interface.

Gambar 4. 33 Input Phase Timbunan Tahap 6

Selanjutnya pada menu *Loading Input* pilih *Stage Construction* karena pada tahap ini terjadi pekerjaan perbaikan tanah lunak dengan metode *Vacuum*. Langkah berikutnya adalah penentuan waktu lamanya proses yaitu selama 1 hari, maka dari itu pada menu *Time interval* diisi 1 hari, untuk mengaktifkan timbunan pada permodelan maka klik *define* dan klik *update* untuk memperbaharui.



Gambar 4. 34 *Define Phase Timbunan Tahap 6*

18. Konsolidasi Tahap 6

Setelah timbunan tahap 6 telah terpasang maka langkah selanjutnya adalah konsolidasi selama 4 hari. Langkah yang perlu dilakukan adalah dengan mengisi kolom *number/ID* dengan nama KONSOLIDASI TAHAP 6, untuk pekerjaan awal dimulai dari tahap (*Star from phase*) pilih TIMBUNAN TAHAP 6 dan jenis perhitungan (*Calculation type*) yang digunakan adalah *Consolidation*.

Gambar 4. 35 *Input Phase Konsolidasi Tahap 6*

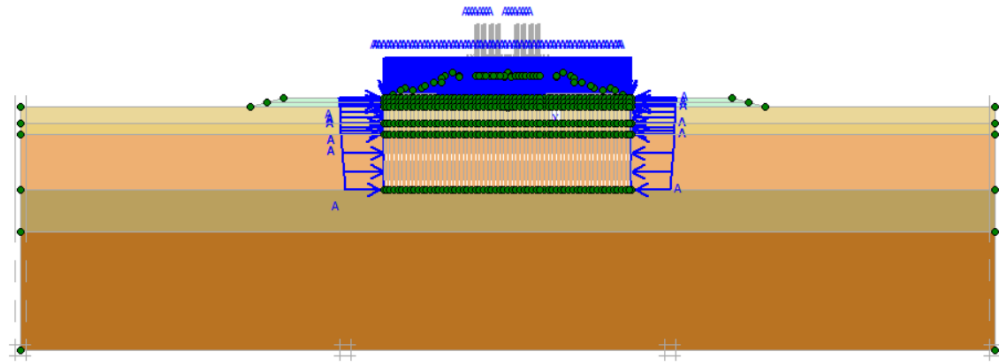
19. Timbunan *PRELOAD* (Setinggi 1 meter)

Tahap pekerjaan berikutnya adalah pekerjaan timbunan *PRELOAD* setinggi 1 meter sehingga tinggi timbunan menjadi 8,42 meter, lamanya waktu penimbunan tiap tahap adalah 1 hari. Langkah yang perlu dilakukan adalah dengan mengisi kolom *number*/ID dengan nama TIMBUNAN *PRELOAD*, untuk pekerjaan awal dimulai dari tahap (*Star from phase*) pilih KONSOLIDASI TAHAP 6 dan jenis perhitungan (*Calculation type*) yang digunakan adalah *Plastic*.

The screenshot shows a software interface for inputting PRELOAD phase data. The interface is divided into two main sections. The top section, titled 'Umum', contains fields for 'Tahap' (Nomor / ID: 18, TIMBUNAN PRELOAD), 'Mulai dari tahap: 17 - KONSOLIDASI TAHAP 6', 'Jenis perhitungan: Analisa plastis', and 'Informasi perhitungan: Kondisi batas yang ditentukan sepenuhnya tercapai'. The bottom section, titled 'Parameter', contains fields for 'Parameter pengatur' (Langkah tambahan: 250), 'Prosedur iterasi' (Pengaturan standar selected), 'Masukan pembebanan' (Tahapan konstruksi selected), 'Interval waktu: 1,0000 hari', and 'Waktu akhir aktual: 304,0000 hari'. A large watermark of Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA) is overlaid on the interface.

Gambar 4. 36 *Input Phase* Timbunan *PRELOAD*

Selanjutnya pada menu *Loading Input* pilih *Stage Construction* karena pada tahap ini terjadi pekerjaan perbaikan tanah lunak dengan metode *Vacuum*. Langkah berikutnya adalah penentuan waktu lamanya proses yaitu selama 1 hari, maka dari itu pada menu *Time interval* diisi 1 hari, untuk mengaktifkan timbunan pada permodelan maka klik *define* dan klik *update* untuk memperbaharui.



Gambar 4. 37 Define Phase Timbunan PRELOAD

20. Konsolidasi PRELOAD

Setelah timbunan *preload* telah terpasang maka langkah selanjutnya adalah konsolidasi selama 4 hari. Langkah yang perlu dilakukan adalah dengan mengisi kolom *number/ID* dengan nama KONSOLIDASI PRELOAD, untuk pekerjaan awal dimulai dari tahap (*Star from phase*) pilih TIMBUNAN PRELOAD dan jenis perhitungan (*Calculation type*) yang digunakan adalah *Consolidation*.

The image displays two screenshots of a software interface for defining the PRELOAD consolidation phase. The interface is divided into several sections:

- Parameter pengatur:** Includes a dropdown for 'Langkah tambahan' set to 250.
- Prosedur iterasi:** Includes radio buttons for 'Pengaturan standar' (selected) and 'Pengaturan manual'.
- Masukan pembebanan:** Includes radio buttons for 'Tahapan konstruksi' (selected), 'Tekanan air pori minimum', and 'Peningkatan faktor pengali'. It also includes a text box for 'IP-stop' set to 1,000 kN/m².
- Interval waktu:** Includes a text box for 'Interval waktu' set to 9,000 hari.
- Waktu akhir aktual:** Includes a text box for 'Waktu akhir aktual' set to 262,000 hari.
- Buttons:** Includes buttons for 'Tentukan...', 'Aliran Air Tanah...', and 'Hapus langkah sebelumnya'.

The bottom screenshot shows the same interface with updated values for 'Interval waktu' (27,000 hari) and 'Waktu akhir aktual' (331,000 hari).

Gambar 4. 38 Input Phase Konsolidasi PRELOAD

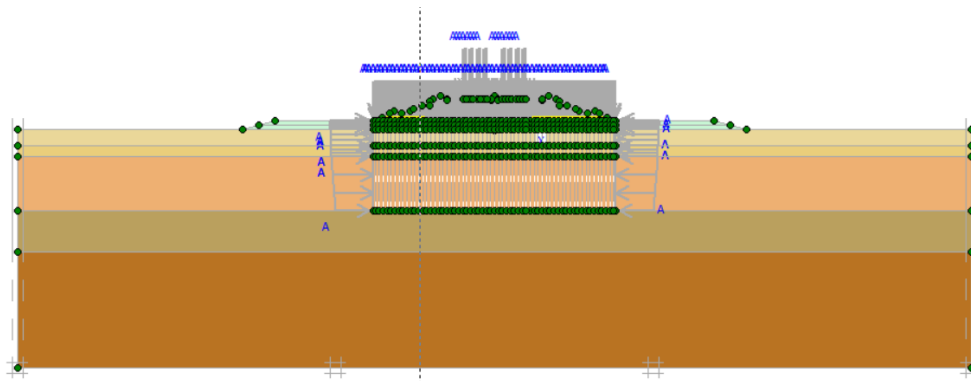
21. Vacuum Off

Pada tahap *Vacuum Off* atau menonaktifkan beban *vacuum*, tahap ini dikerjakan selama 1 hari. Langkah yang dilakukan pada tahap ini adalah dengan memverifikasi nama pada kolom *number*/ID dengan nama tahap *VACUUM OFF*, untuk pekerjaan awal dimulai dari tahap (*Start from phase*) pilih *KONSOLIDASI 100 HARI* dan jenis perhitungan (*Calculation type*) yang digunakan adalah *Plastic*.

The image shows a software interface for setting up a 'Vacuum Off' phase. It consists of two main sections: 'Umum' (General) and 'Parameter'. The 'Umum' section includes fields for 'Tahap' (Nomor / ID.: 20, Vacuum Off), 'Mulai dari tahap:' (19 - Konsolidasi Preload), 'Jenis perhitungan' (Analisa plastis), 'Informasi perhitungan' (Kondisi batas yang ditentukan sepenuhnya tercapai), and 'Komentar'. The 'Parameter' section includes 'Parameter pengatur' (Langkah tambahan: 250), 'Prosedur iterasi' (Pengaturan standar selected), 'Masukan pembebanan' (Tahapan konstruksi selected), 'Interval waktu' (1,000 hari), 'Waktu akhir aktual' (332,000 hari), and 'Aliran Air Tanah...'. There are also checkboxes for 'Atur perpindahan menjadi nol', 'Abakan perilaku tak terdrainase', and 'Hapus langkah sebelumnya' (checked). Buttons like 'Tingkat lanjut', 'Tentukan...', and 'Parameter' are visible.

Gambar 4. 39 *Input Phase Vacuum Off*

Menu *Loading Input* pilih *Stage Construction*, tahap penonaktifan *Vacuum* ini membutuhkan waktu selama 1 hari yang dimulai dari pekerjaan konsolidasi selama 100 hari. Pada tahap ini dilakukan penonaktifan beban – beban *Vacuum* pada permodelan dengan meng klik *define* lalu pada bagian beban tersebut diklik sehingga beban mati, hal ini untuk menandakan bahwa pekerjaan *Vacuum* telah berhenti.



Gambar 4. 40 Define Phase Vacuum Off

22. Konsolidasi 100 Hari

Setelah timbunna telah terpasang semua maka langkah selanjutnya adalah konsolidasi selama 100 hari. Langkah yang perlu dilakukan adalah dengan mengisi kolom *number*/ID dengan nama KONSOLIDASI 100 HARI, untuk pekerjaan awal dimulai dari tahap (*Star from phase*) pilih KONSOLIDAI *PRELOAD* dan jenis perhitungan (*Calculation type*) yang digunakan adalah *Consolidation*.

Gambar 4. 41 Input Phase Konsolidasi 100 Hari

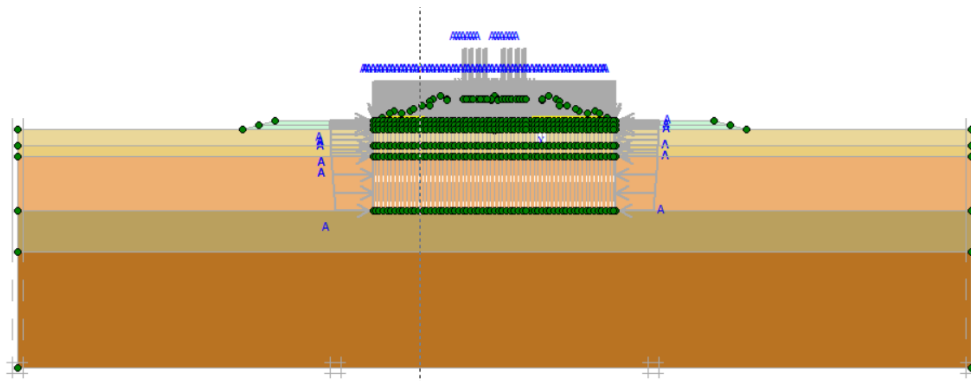
23. UNLOAD

Tahap *unload* ini, merupakan pekerjaan tambahan yang dilakukan untuk memaksimalkan pekerjaan *preloading*, apabila pekerjaan konstruksi telah usai maka pekerjaan selanjutnya membuang timbunan *preload* setinggi 1 meter untuk selanjutnya dapat dilakukan pekerjaan perkerasan. Lamanya waktu yang dibutuhkan dalam menjalankan pekerjaan ini adalah 5 hari. Langkah yang perlu dilakukan adalah dengan mengisi kolom *number*/ID dengan nama *UNLOAD*, untuk pekerjaan awal dimulai dari tahap (*Star From Phase*) pilih *VACUUM OFF* dan jenis perhitungan (*Calculation type*) yang digunakan adalah *Plastic*.

The screenshot displays the 'UNLOAD' phase configuration in a software application. The interface is organized into two main panels: 'Tahap' (Phase) and 'Parameter'. The 'Tahap' panel includes a 'Nomor / ID' field with the value '22', a 'Jenis perhitungan' (Calculation type) dropdown menu set to 'Analisa plastis', and a 'Mulai dari tahap' (Start from phase) dropdown menu set to '21 - Konsolidasi 100 Hari'. Below these are fields for 'Informasi perhitungan' (Calculation information) and 'Komentar' (Comment). The 'Parameter' panel includes a 'Parameter pengatur' (Control parameter) section with a 'Langkah tambahan' (Additional steps) dropdown menu set to '250'. It also features checkboxes for 'Atur perpindahan menjadi nol' (Set displacement to zero), 'Abakan perilaku tak terdrainase' (Ignore undrained behavior), and 'Hapus langkah sebelumnya' (Delete previous steps). The 'Masukan pembebanan' (Input loading) section has radio buttons for 'Tahapan konstruksi' (Construction stage), 'Faktor pengali total' (Total multiplier factor), and 'Peningkatan faktor pengali' (Increase multiplier factor). The 'Interval waktu' (Time interval) is set to '5,0000' hari and the 'Waktu akhir aktual' (Actual end time) is '437,0000' hari. The interface also features a large watermark of the Universitas Islam Sultan Agung logo.

Gambar 4. 42 Input Phase Unload

Selanjutnya pada tab parameter untuk menu control panel aktifkan *Delete Intermediate Steps*. Menu *Loading Input* pilih *Stage Construction*, tahap Tahap ini membutuhkan waktu selama 5 hari yang dimulai dari pekerjaan *Vacuum off* selama 1 hari. Pada tahap ini dilakukan dengan cara mengklik *define* untuk menon-aktifkan lapisan *preload*.



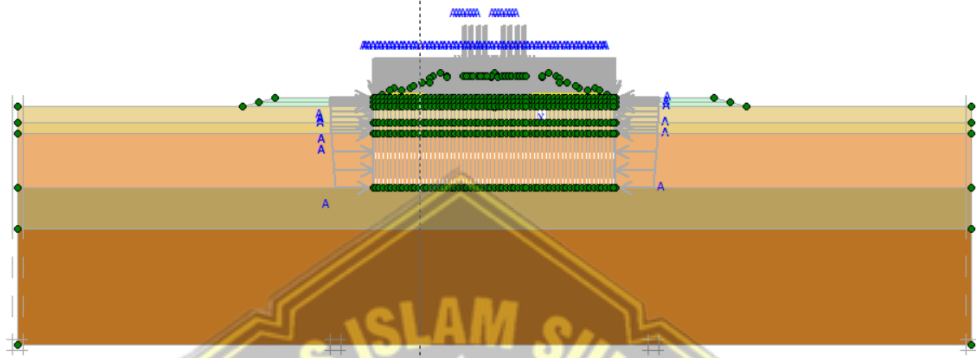
Gambar 4. 43 *Define Phase Unload*

24. Tahap Perkerasan Jalan

Tahap pekerjaan berikutnya adalah pekerjaan perkerasan jalan setebal 30 cm, lamanya waktu pekerjaan perkerasan adalah 28 hari. Langkah yang perlu dilakukan adalah dengan mengisi kolom *number/ID* dengan nama PERKERASAN jalan, untuk pekerjaan awal dimulai dari tahap (*Star from phase*) pilih UNLOAD dan jenis perhitungan (*Calculation type*) yang digunakan adalah *Plastic*.

Gambar 4. 44 *Input Phase Tahap Perkerasan*

Selanjutnya pada tab parameter untuk menu control panel aktifkan *Delete Intermediate Steps*. Menu *Loading Input* pilih *Stage Construction*, tahap Tahap perkerasan jalan ini membutuhkan waktu selama 28 hari yang dimulai dari pekerjaan *UNLOAD* selama 5 hari. Pada tahap ini dilakukan dengan cara mengklik *define* untuk mengaktifkan lapisan perkerasan.



Gambar 4. 45 *Define Phase Perkerasan*

25. Service Load

Pada tahap pekerjaan berikutnya adalah *service load*, lamanya waktu pekerjaan perkerasan adalah 1 hari. Langkah yang perlu dilakukan adalah dengan mengisi kolom *number/ID* dengan nama *SERVICE LOAD*, untuk pekerjaan awal dimulai dari tahap (*Star from phase*) pilih *PERKERASAN* jalan dan jenis perhitungan (*Calculation type*) yang digunakan adalah *Plastic*.

Gambar 4. 46 *Input Phase Service Load*

Selanjutnya pada tab parameter untuk menu control panel aktifkan *Delete Intermediate Steps*. Menu *Loading Input* pilih *Stage Construction*, tahap Tahap perkerasan jalan ini membutuhkan waktu selama 1 hari yang dimulai dari pekerjaan perkerasan jalan selama 21 hari. Pada tahap ini dilakukan dengan cara mengklik *define* untuk mengaktifkan lapisan pembebanan yang berada pada permodelan.

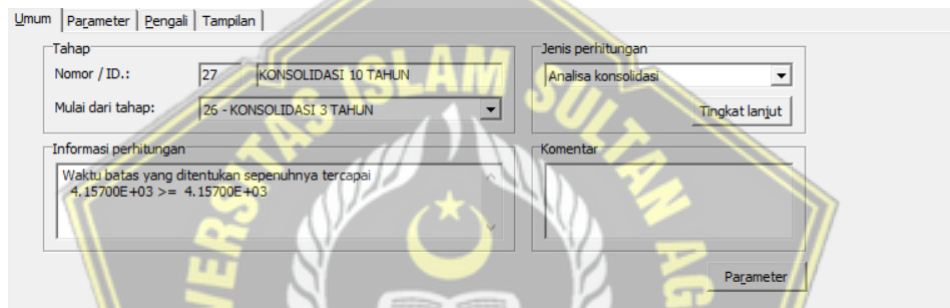


Gambar 4. 47 *Define Phase Service Load*

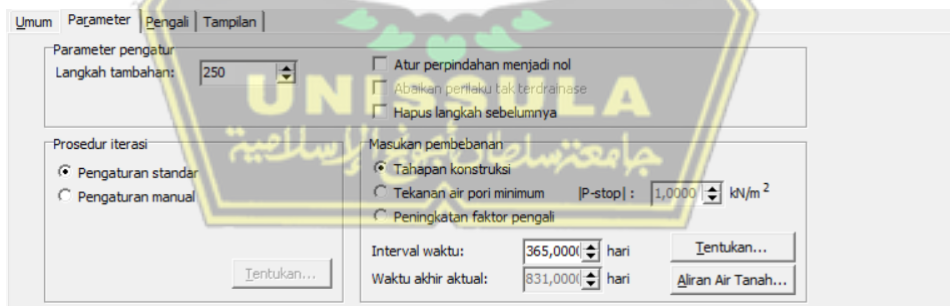
26. Konsolidasi 1 Tahun (365 hari)

Setelah *service load* telah terpasang semua maka langkah selanjutnya adalah konsolidasi selama 1 tahun. Langkah yang perlu dilakukan adalah dengan mengisi kolom *number*/ID dengan nama Konsolidasi 1 tahun, untuk pekerjaan awal dimulai dari tahap (*Start from phase*) pilih *service load* dan jenis perhitungan (*Calculation type*) yang digunakan adalah *Consolidation*.

Selanjutnya pada menu *Loading Input* pilih *Stage Construction*, tahap konsolidasi ini membutuhkan waktu selama 365 hari yang dimulai dari pekerjaan *service load* selama 1 hari. Tahap konsolidasi 1 tahun pada permodelan perlu diaktifkan dengan mengklik *define* lalu klik *update*.



Gambar 4. 48 Input Phase Konsolidasi 1 Tahun



Gambar 4. 49 Input Phase Konsolidasi 1 Tahun

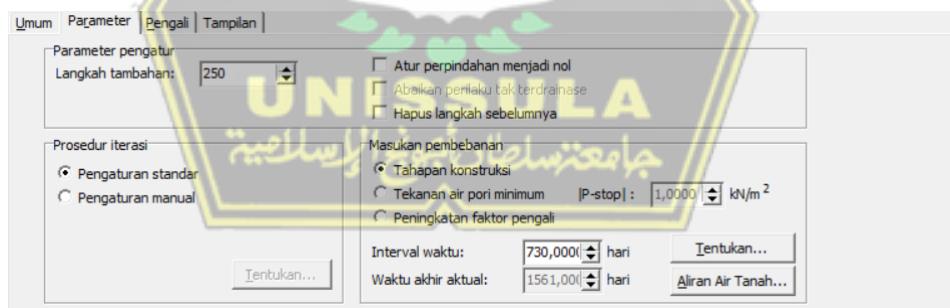
27. Konsolidasi 3 tahun (720 hari)

Setelah konsolidasi 1 tahun berlangsung maka langkah selanjutnya adalah konsolidasi selama 3 tahun. Langkah yang perlu dilakukan adalah dengan mengisi kolom *number*/ID dengan nama Konsolidasi 3 tahun, untuk pekerjaan awal dimulai dari tahap (*Start from phase*) pilih konsolidasi 1 tahun dan jenis perhitungan (*Calculation type*) yang digunakan adalah *Consolidation*.

Selanjutnya pada menu *Loading Input* pilih *Stage Construction*, tahap konsolidasi ini membutuhkan waktu selama 730 hari yang dimulai dari pekerjaan konsolidasi selama 1 tahun. Tahap konsolidasi 3 tahun pada permodelan perlu diaktifkan dengan mengklik *define* lalu klik *update*.



Gambar 4. 50 Input Phase Konsolidasi 3 Tahun



Gambar 4. 51 Input Phase Kosnolidasi 3 Tahun

28. Konsolidasi 10 tahun (2555 hari)

Setelah konsolidasi 3 tahun berlangsung maka langkah selanjutnya adalah konsolidasi selama 10 tahun. Langkah yang perlu dilakukan adalah dengan mengisi kolom *number*/ID dengan nama Konsolidasi 10 tahun, untuk pekerjaan awal

dimulai dari tahap (*Star from phase*) pilih konsolidasi 3 tahun dan jenis perhitungan (*Calculation type*) yang digunakan adalah *Consolidation*.

Selanjutnya pada menu *Loading Input* pilih *Stage Construction*, tahap konsolidasi ini membutuhkan waktu selama 2555 hari yang dimulai dari pekerjaan konsolidasi selama 3 tahun. Tahap konsolidasi 10 tahun pada permodelan perlu diaktifkan dengan mengklik *define* lalu klik *update*.

Gambar 4. 52 *Input Phase Kosnolidasi 10 Tahun*

29. SF (*Safety Factor*)

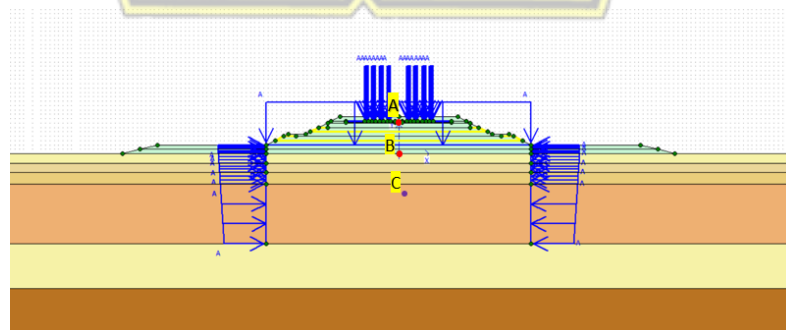
Dalam setiap tahap pekerjaan perbaikan tanah lunak dengan menggunakan metode *vacuum consolidation* perlu dilakukan penganalisaan nilai *safety factor* bagi setiap tahap pekerjaannya. langkah yang perlu di lakukan yaitu memberikan nama pada *number / ID* dengan nama SF..... (Jenis tahapan pekerjaan), pada pilihan mulai dari tahap (*star from phase*) pilih pekerjaan sesuai *safety factor* yang akan dianalisa, dengan jenis perhitungan *phi/c reduction*. Pada tab parameter pilih *incremental multiplier* pada menu *loading input* lalu klik *next*.

Gambar 4. 53 *Input Phase Safety Factor*

Gambar 4. 54 *Input Phase Safety Factor*

30. Menentukan Titik Tinjau *Displacement*

Untuk mendapatkan kurva hubungan antara penurunan tanah dengan waktu, langkah yang harus dilakukan adalah dengan mengklik *toolbar* dan, lalu klik areal yang akan di tinjau. Untuk titik A berada lapisan paling atas dalam pekerjaan timbunan dan perkerasan, titik B berada di tengah median, titik C berada di tengah areal perkerasan bagian kanan, untuk titik D berada pada batas antara timbunan dengan tanah asli dan untuk titik E berada pada daerah yang terpengaruhi oleh pekerjaan PVD dan *Vacuum*. Kemudian klik *update* dan *hitung*.



Gambar 4. 55 *Penentuan Titik Tinjau*

4.2.7 Tahap Analisa pada PLAXIS V20

Tahap analisa pada PLAXIS V20 tidaklah jauh berbeda dengan tahap analisa pada PLAXIS V8.6 tahap pekerjaan awal dimulai dari tahapan pada kondisi awal saat belum dilaksanakan pekerjaan, tahap konstruksi dan tahap konsolidasi. Untuk pekerjaan konsolidasi memiliki beberapa tahapan yaitu tahap konsolidasi pada 100 hari pada pekerjaan konstruksi dan tahap konsolidasi pada 1 tahun, 3 tahun dan 10 tahun. Lebih lengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.5 :

Tabel 4. 6 Tahapan Pekerjaan pada PLAXIS V20

<i>Identification</i>	<i>Phase</i>	<i>Start From</i>	<i>Calculation</i>	<i>Loading Input</i>	<i>Time (day)</i>
<i>Initial Phase</i>	0	0	N/A	N/A	0
Timbunan Jagaan 1	1	0	<i>Plastic</i>	<i>Total Multiplier</i>	10
Timbunan Jagaan 2	2	1	<i>Plastic</i>	<i>Stage Construction</i>	10
Konsolidasi 100 Hari	3	2	<i>Consolidation</i>	<i>Stage Construction</i>	100
Instal PVD	4	3	<i>Plastic</i>	<i>Stage Construction</i>	14
Instal Vacuum	5	4	<i>Plastic</i>	<i>Stage Construction</i>	1
Timbunan Tahap 1	6	5	<i>Plastic</i>	<i>Stage Construction</i>	1
Konsolidasi Timbunan Tahap 1	7	6	<i>Consolidation</i>	<i>Stage Construction</i>	27
Timbunan Tahap 2	8	7	<i>Plastic</i>	<i>Stage Construction</i>	1

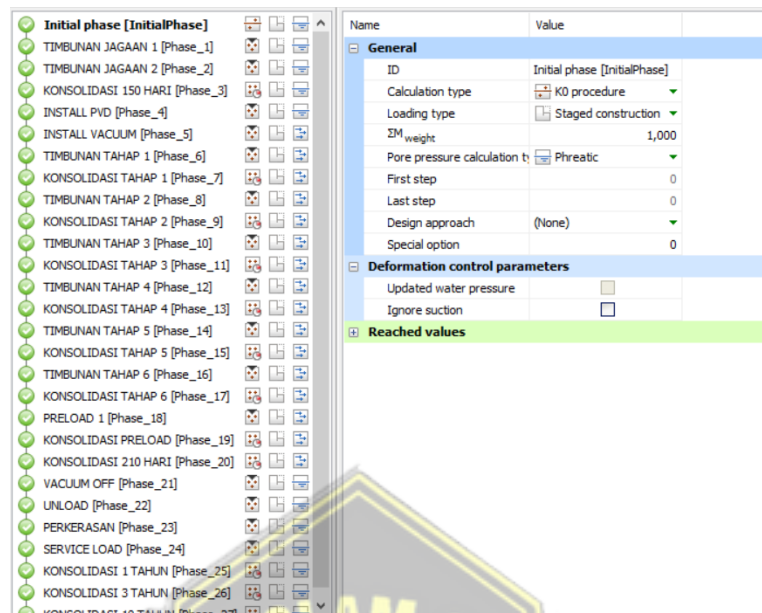
<i>Identification</i>	<i>Phase</i>	<i>Start From</i>	<i>Calculation</i>	<i>Loading Input</i>	<i>Time (day)</i>
Konsolidasi Timbunan Tahap 2	9	8	Consolidation	Stage Construction	27
Timbunan Tahap 3	10	9	Plastic	Stage Construction	1
Konsolidasi Timbunan Tahap 3	11	10	Consolidation	Stage Construction	27
Timbunan Tahap 4	12	11	Plastic	Stage Construction	1
Konsolidasi Timbunan Tahap 4	13	12	Consolidation	Stage Construction	27
Timbunan Tahap 5	14	13	Plastic	Stage Construction	1
Konsolidasi Timbunan Tahap 5	15	14	Consolidation	Stage Construction	27
<i>Preload</i>	16	15	Plastic	Stage Construction	1
Konsolidasi Timbunan <i>Preload</i>	17	16	Consolidation	Stage Construction	27
<i>Vacuum Off</i>	18	17	Plastic	Stage Construction	1
Konsolidasi 100 Hari	19	18	Consolidation	Stage Construction	100
<i>Unload</i>	20	19	Plastic	Stage Construction	5
Tahap Perkerasan	21	20	Plastic	Stage Construction	28
<i>Service Load</i>	22	21	Plastic	Stage	1

<i>Identification</i>	<i>Phase</i>	<i>Start From</i>	<i>Calculation</i>	<i>Loading Input</i>	<i>Time (day)</i>
				<i>Construction</i>	
Konsolidasi 1 Tahun	23	22	<i>Consolidation</i>	<i>Stage Construction</i>	365
Konsolidasi 3 Tahun	24	23	<i>Consolidation</i>	<i>Stage Construction</i>	730
Konsolidasi 10 Tahun	25	24	<i>Consolidation</i>	<i>Stage Construction</i>	2555
SF Tahap Perkerasan	26	20	<i>Phi/C Reduction</i>	<i>Incremental Multipliers</i>	0
SF Service Load	27	21	<i>Phi/C Reduction</i>	<i>Incremental Multipliers</i>	0
SF Konsolidasi 1 Tahun	28	22	<i>Phi/C Reduction</i>	<i>Incremental Multipliers</i>	0
SF Konsolidasi 3 Tahun	29	23	<i>Phi/C Reduction</i>	<i>Incremental Multipliers</i>	0
SF Konsolidasi 10 Tahun	30	24	<i>Phi/C Reduction</i>	<i>Incremental Multipliers</i>	0

Tabel diatas adalah tahapan-tahapan pekerjaan, berikut adalah penjelasan dari tiap tahapan yang dikerjakan pada proses kalkulasi pada PLAXIS

1. Initial phase

Pada tahap ini kondisi tanah berada pada kondisi awal sebelum dilakukan pekerjaan konstruksi apapun. Langkah yang perlu dilakukan adalah dengan klik pada *initial phase* untuk melanjutkan tahap kalkulasi kelangkah selanjutnya, selanjutnya beri keterangan pada kolom *Number/ID* dengan nama KONDISI AWAL. Pada kolom *Start from phase* pilih *INITIAL PHASE*. Atur tipe kalkulasi yang digunakan adalah *Plastic*, *Loading Type* menjadi *Stage Construction* dan *Pore pressure calculation type* yang digunakan adalah *Phreatic*.

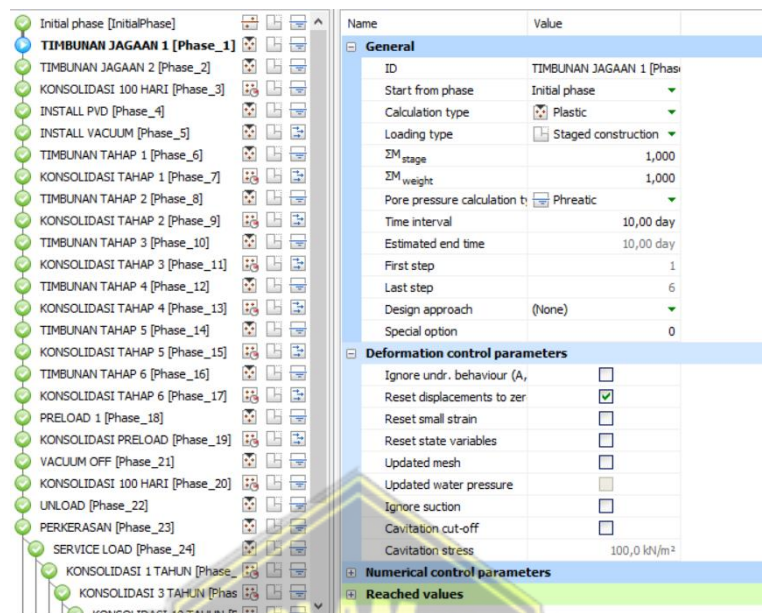


Gambar 4. 56 *Input Phase Initial Phase*

Untuk bagian *Deformation Control Parameter* yang perlu diatur yaitu pada bagian sub menu control parameter pilih *Ignore undrained behavior*, *Reset displacement to zero* dan *Reset small strain*. Lalu klik OK untuk mengatur kondisi awal pada permodelan.

2. Timbunan Jagaan 1

Pada tahap penimbunan tahap 1 ini akan dilakukan timbunan setinggi 1 meter diatas permukaan tanah asli sebelum dilakukan peng-installan PVD. Langkah yang perlu dilakukan adalah dengan klik pada *initial phase* untuk melanjutkan tahap kalkulasi kelangkah selanjutnya, selanjutnya beri keterangan pada kolom *Number/ID* dengan nama TIMBUNAN JAGAAN 1. Pada kolom *Start from phase* pilih KONDISI AWAL. Atur tipe kalkulasi yang digunakan adalah *Plastic*, *Loading Type* menjadi *Stage Construction* dan *Pore pressure calculation type* yang digunakan adalah *Phreatic*. Untuk lamanya waktu pengerjaan dan lama waktu tunggu berjumlah 5 hari.



Gambar 4. 57 Input Phase Timbunan Jagaan 1

Untuk bagian *Deformation Control Parameter* yang perlu diatur yaitu pada bagian sub menu control parameter pilih *Ignore undrained behavior* dan *Reset displacement to zero*. Lalu klik OK untuk mengatur kondisi awal pada permodelan, dengan menyalakan timbunan jagaan tanah tahap 1.



Gambar 4. 58 Define Phase Timbunan Jagan 1

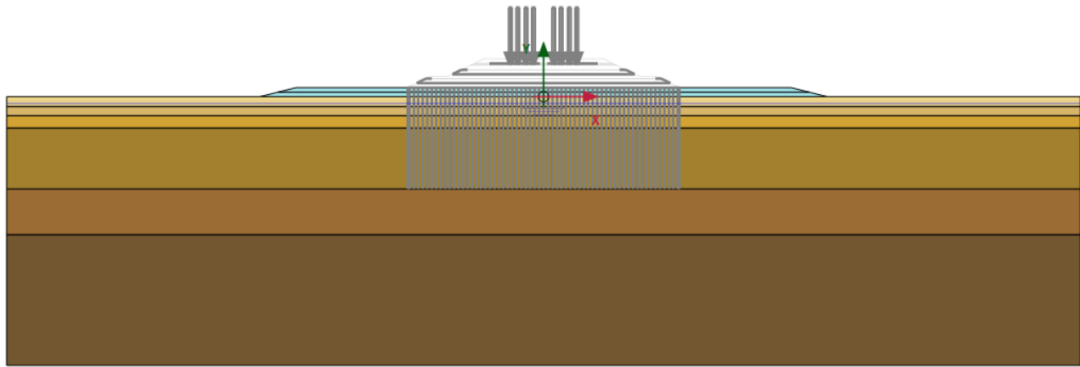
3. Timbunan Jagaan 2

Pada tahap penimbunan tahap 1 ini akan dilakukan timbunan setinggi 1 meter diatas permukaan tanah asli sebelum dilakukan peng-installan PVD. Langkah yang perlu dilakukan adalah dengan klik pada *initial phase* untuk melanjutkan tahap kalkulasi kelangkah selanjutnya, selanjutnya beri keterangan pada kolom *Number/ID* dengan nama TIMBUNAN JAGAAN 2. Pada kolom *Start from phase* pilih TIMBUNAN JAGAAN 1. Atur tipe kalkulasi yang digunakan adalah *Consolidation*, *Loading Type* menjadi *Stage Construction* dan *Pore pressure calculation type* yang digunakan adalah *Phreatic*. Untuk lamanya waktu pengerjaan dan lama waktu tunggu berjumlah 5 hari.



Gambar 4. 59 Input Phase Timbunan Jagaan 2

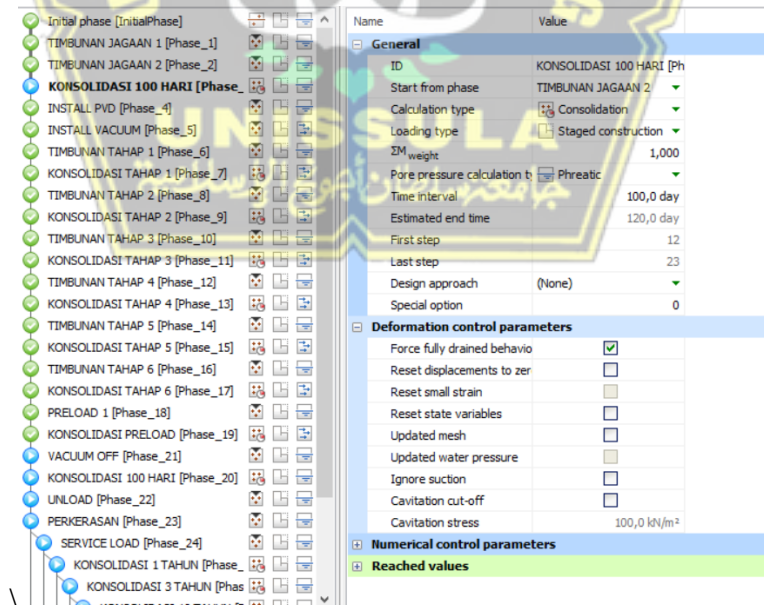
Untuk bagian *Deformation Control Parameter* yang perlu diatur yaitu pada bagian sub menu control parameter pilih *Ignore undrained behavior* dan *Reset displacement to zero*. Lalu klik OK untuk mengatur kondisi awal pada permodelan, dengan menyalakan timbunan jagaan tanah tahap 2.



Gambar 4. 60 Define Phase Timbunan Jagaan 2

4. Konsolidasi 100 Hari

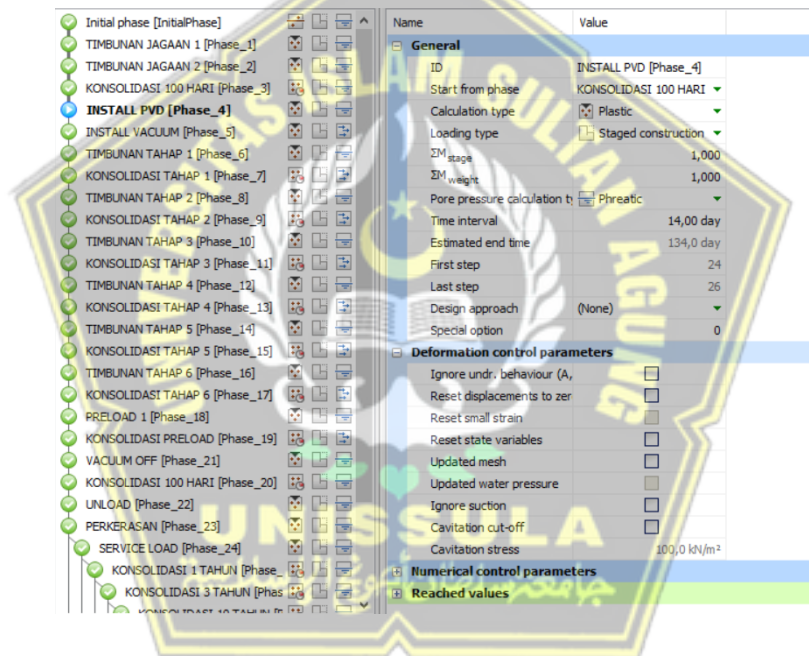
Setelah timbunan jagaan telah terpasang maka langkah selanjutnya adalah konsolidasi selama 100 hari. Langkah yang perlu dilakukan adalah dengan klik pada *initial phase* untuk melanjutkan tahap kalkulasi kelangkah selanjutnya, selanjutnya beri keterangan pada kolom *Number/ID* dengan nama KONSOLIDASI 100 HARI. Pada kolom *Start from phase* pilih TIMBUNAN JAGAAN 2. Atur tipe kalkulasi yang digunakan adalah *Consolidation*, *Loading Type* menjadi *Stage Construction* dan *Pore pressure calculation type* yang digunakan adalah *Phreatic*.



Gambar 4. 61 Input Phase Konsolidasi 100 Hari

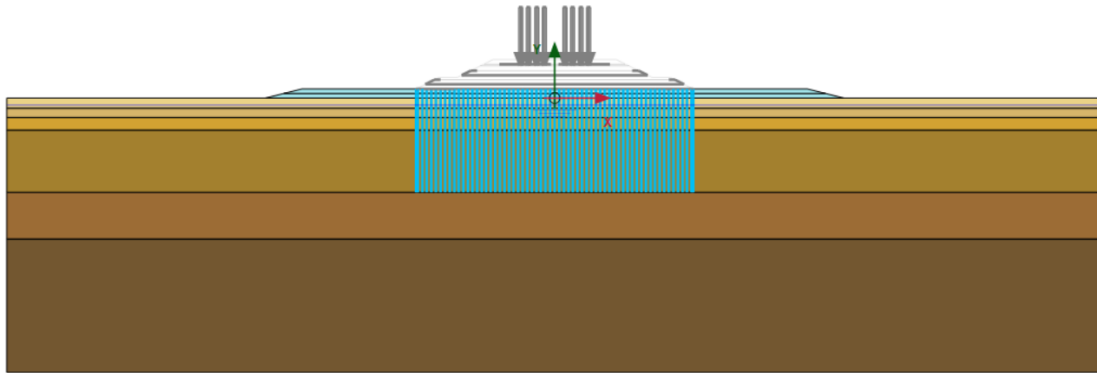
5. Install PVD

Pada tahap Install PVD ini akan dilakukan pemasangan PVD dalam tanah dengan kedalaman berkisar 20 meter untuk normalnya dengan jarak antar PVD sejauh 1 meter. Langkah yang perlu dilakukan adalah dengan klik pada *initial phase* untuk melanjutkan tahap kalkulasi kelangkah selanjutnya, selanjutnya beri keterangan pada kolom *Number/ID* dengan nama *INSTALL PVD*. Pada kolom *Start from phase* pilih KONSOLIDASI 100 HARI. Atur tipe kalkulasi yang digunakan adalah *Plastic*, *Loading Type* menjadi *Stage Construction* dan *Pore pressure calculation type* yang digunakan adalah *Phreatic*. Untuk lamanya waktu pengerjaan dan lama waktu tunggu berjumlah 14 hari.



Gambar 4. 62 Input Phase Instal PVD

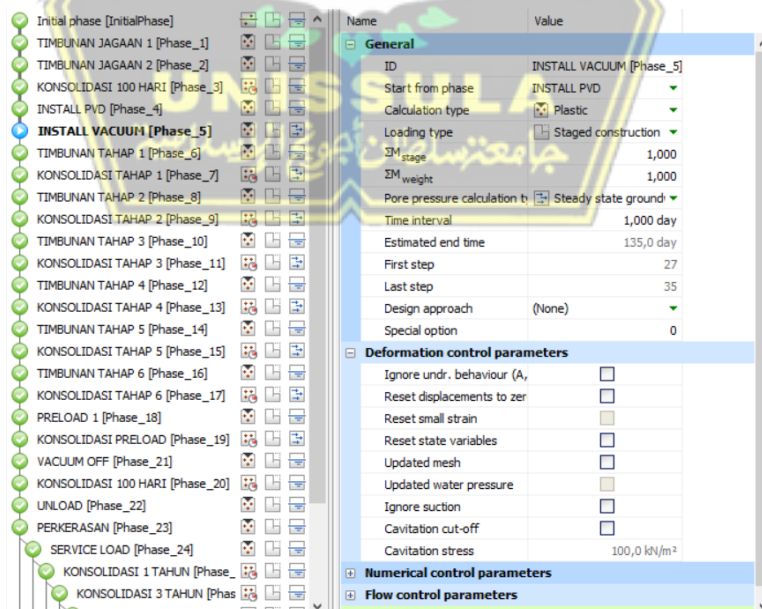
Untuk bagian *Deformation Control Parameter* yang perlu diperhatikan tidak ada yang terceklik. Langkah berikutnya adalah klik OK lalu menyalakan semua PVD yang ada.



Gambar 4. 63 Define Phase Instal PVD

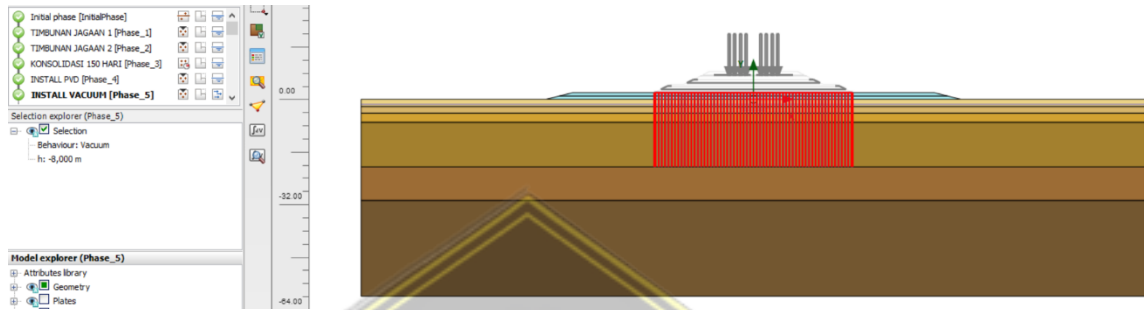
6. Instal Vacuum

Pada tahap Instal Vacuum ini akan dilakukan menyalakan pengaturan bahwa akan dilakukan penginstallan vacuum. Langkah yang perlu dilakukan adalah dengan klik pada *initial phase* untuk melanjutkan tahap kalkulasi kelangkah selanjutnya, selanjutnya beri keterangan pada kolom *Number/ID* dengan nama *INSTALL VACUUM*. Pada kolom *Start from phase* pilih *INSTALL PVD*. Atur tipe kalkulasi yang digunakan adalah *Plastic*, *Loading Type* menjadi *Stage Construction* dan *Pore pressure calculation type* yang digunakan adalah *Steady State Groundy*. Untuk lamanya waktu pengerjaan dan lama waktu tunggu berjumlah 1 hari.



Gambar 4. 64 Input Phase Instal Vakum

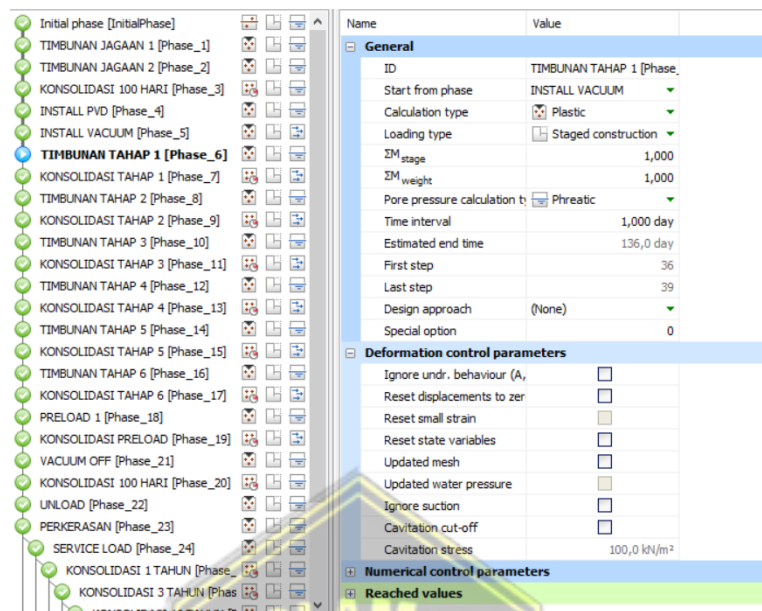
Untuk bagian *Deformation Control Parameter* yang perlu diperhatikan adalah Ignore Suction tidak tercekis dari awal pekerjaan, hal ini yang menjadi salah satu pembeda diantara kedua versi PLAXIS. Langkah berikutnya adalah klik OK lalu mengatur pada semua PVD yang terpasang behavior diatur menjadi jenis *Vacuum* dengan nilai h adalah -8 meter.



Gambar 4. 65 *Define Phase Instal Vakum*

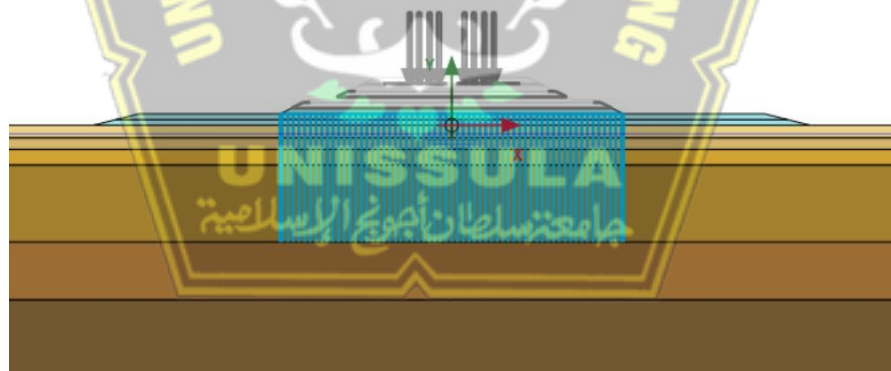
7. Timbunan Tahap 1 (Setinggi 1 meter)

Pada tahap timbunan tahap 1 ini akan dilakukan timbunan setinggi 1 meter diatas permukaan tanah timbunan jagaan 2 dan menutupi permudaah atas PVD. Langkah yang perlu dilakukan adalah dengan klik pada *initial phase* untuk melanjutkan tahap kalkulasi kelangkah selanjutnya, selanjutnya beri keterangan pada kolom *Number/ID* dengan nama TIMBUNAN TAHAP 1. Pada kolom *Start from phase* pilih *INSTALL VACUUM*. Atur tipe kalkulasi yang digunakan adalah *Plastic*, *Loading Type* menjadi *Stage Construction* dan *Pore pressure calculation type* yang digunakan adalah *Steady State Groundy*. Untuk lamanya waktu pengerjaan 1 hari.



Gambar 4. 66 *Input Phase* Timbunan Tahap 1

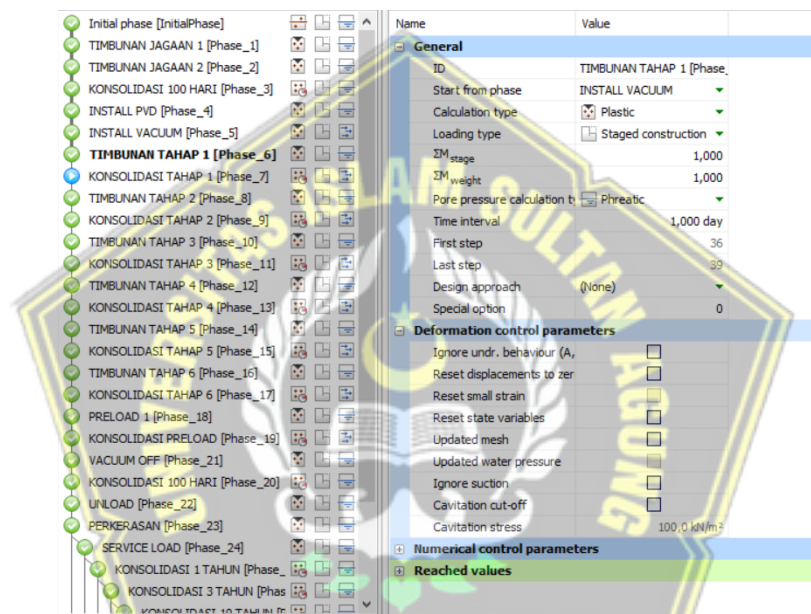
Untuk bagian *Deformation Control Parameter* yang perlu diatur yaitu pada bagian sub menu control parameter pilih *Force Fully Drained Behavior*. Lalu klik OK untuk menyalakan timbunan tahap 1.



Gambar 4. 67 *Define Phase* Timbunan Tahap 1

8. Konsolidasi Tahap 1

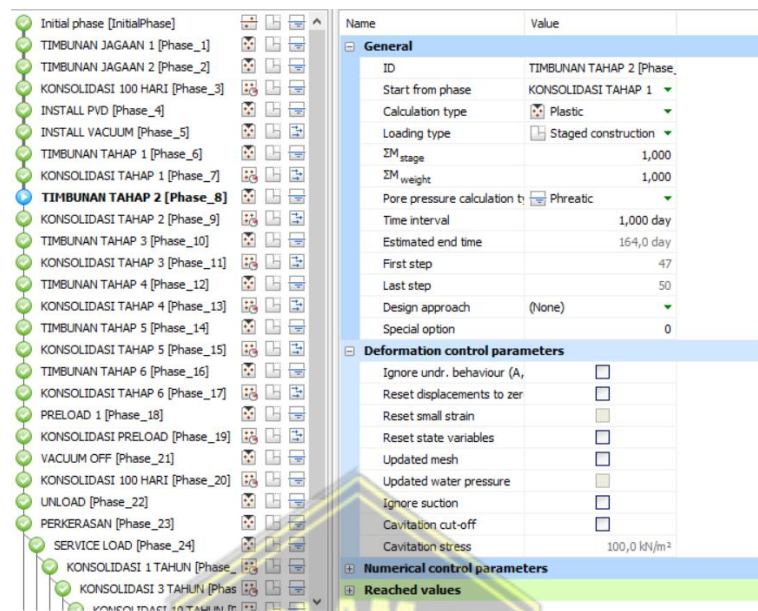
Setelah timbunan telah terpasang semua maka langkah selanjutnya adalah konsolidasi selama 4 hari. Langkah yang perlu dilakukan adalah dengan klik pada *initial phase* untuk melanjutkan tahap kalkulasi kelangkah selanjutnya, selanjutnya beri keterangan pada kolom *Number/ID* dengan nama KONSOLIDASI TAHAP 1. Pada kolom *Start from phase* pilih TIMBUNAN TAHAP 1. Atur tipe kalkulasi yang digunakan adalah *Consolidation*, *Loading Type* menjadi *Stage Construction* dan *Pore pressure calculation type* yang digunakan adalah *Steady State Groundy*.



Gambar 4. 68 Input Phase Konsolidasi Tahap 1

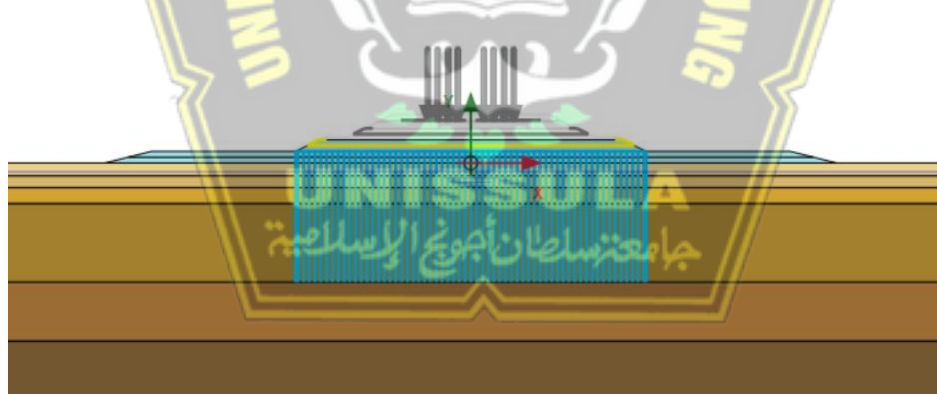
9. Timbunan Tahap 2 (Setinggi 1 meter)

Pada tahap timbunan tahap 2 ini akan dilakukan timbunan setinggi 1 meter diatas permukaan tanah timbunan tahap 1. Langkah yang perlu dilakukan adalah dengan klik pada *initial phase* untuk melanjutkan tahap kalkulasi kelangkah selanjutnya, selanjutnya beri keterangan pada kolom *Number/ID* dengan nama TIMBUNAN TAHAP 2. Pada kolom *Start from phase* pilih KONSOLIDASI TAHAP 1. Atur tipe kalkulasi yang digunakan adalah *Plastic*, *Loading Type* menjadi *Stage Construction* dan *Pore pressure calculation type* yang digunakan adalah *Steady State Groundy*. Untuk lamanya waktu pengerjaan dan lama waktu tunggu berjumlah 1 hari.



Gambar 4. 69 *Input Phase* Timbunan Tahap 2

Untuk bagian *Deformation Control Parameter* yang perlu diatur yaitu pada bagian sub menu control parameter pilih *Force Fully Drained Behavior*. Lalu klik OK untuk menyalakan timbunan tahap 2 dan lembaran Geotextile.

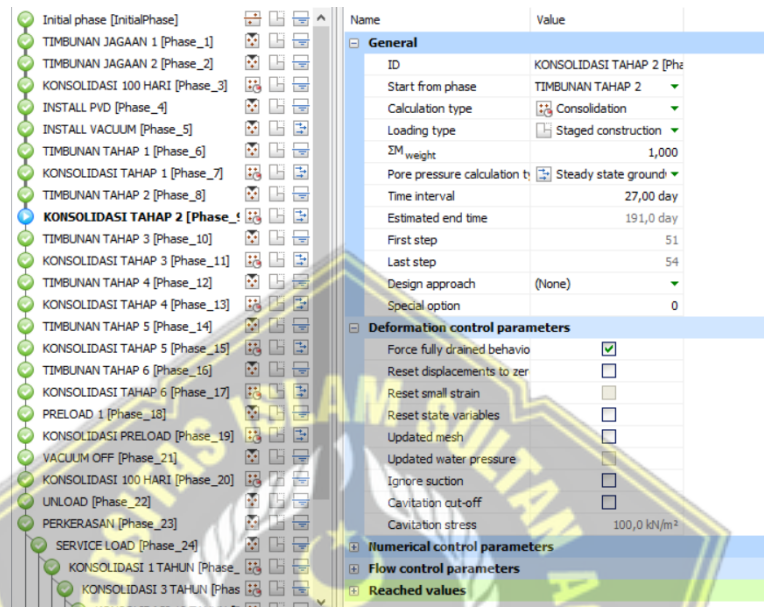


Gambar 4. 70 *Define Phase* Timbunan Tahap 2

10. Konsolidasi Tahap 2

Setelah timbunan telah terpasang semua maka langkah selanjutnya adalah konsolidasi selama 4 hari. Langkah yang perlu dilakukan adalah dengan klik pada *initial phase* untuk melanjutkan tahap kalkulasi kelangkah selanjutnya, selanjutnya

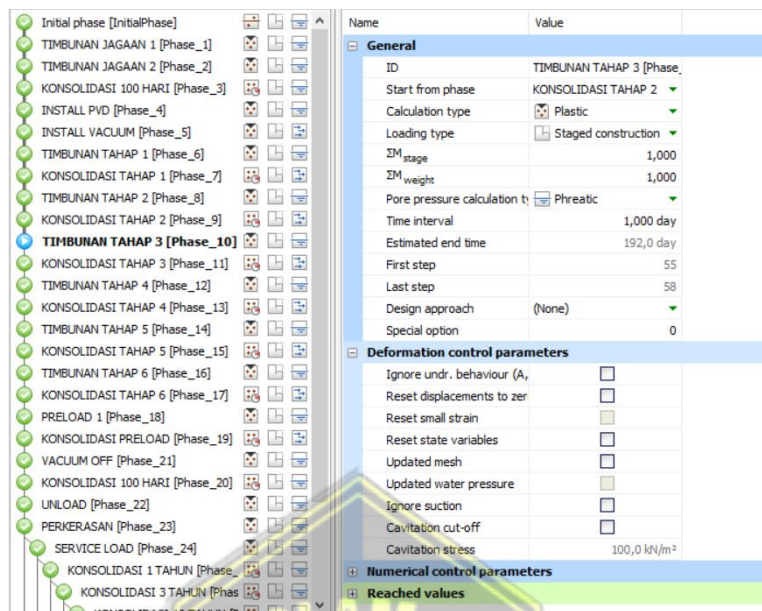
beri keterangan pada kolom *Number/ID* dengan nama KONSOLIDASI TAHAP 2. Pada kolom *Start from phase* pilih TIMBUNAN TAHAP 2. Atur tipe kalkulasi yang digunakan adalah *Consolidation*, *Loading Type* menjadi *Stage Construction* dan *Pore pressure calculation type* yang digunakan adalah *Steady State Groundy*.



Gambar 4. 71 *Input Phase Konsolidasi Tahap 2*

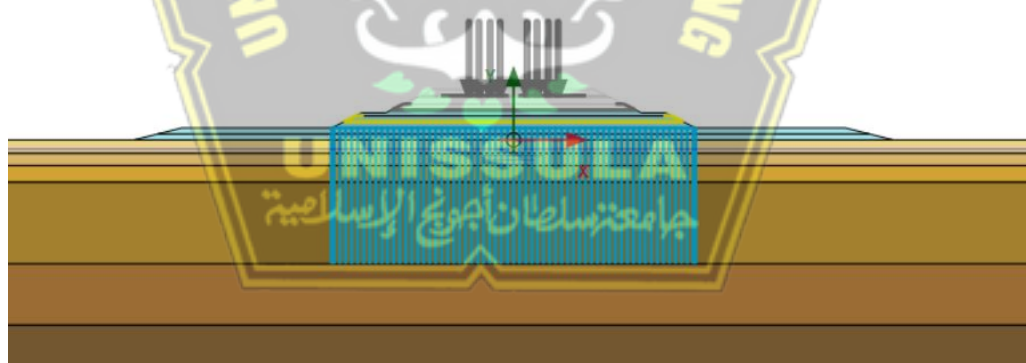
11. Timbunan Tahap 3 (Setinggi 1 meter)

Pada tahap timbunan tahap 3 ini akan dilakukan timbunan setinggi 1 meter diatas permukaan tanah timbunan tahap 2. Langkah yang perlu dilakukan adalah dengan klik pada *initial phase* untuk melanjutkan tahap kalkulasi kelangkah selanjutnya, selanjutnya beri keterangan pada kolom *Number/ID* dengan nama TIMBUNAN TAHAP 3. Pada kolom *Start from phase* pilih KONSOLIDASI TAHAP 2. Atur tipe kalkulasi yang digunakan adalah *Plastic*, *Loading Type* menjadi *Stage Construction* dan *Pore pressure calculation type* yang digunakan adalah *Steady State Groundy*. Untuk lamanya waktu pengerjaan berjumlah 1 hari.



Gambar 4. 72 *Input Phase* Timbunan Tahap 3

Untuk bagian *Deformation Control Parameter* yang perlu diatur yaitu pada bagian sub menu control parameter pilih *Force Fully Drained Behavior*. Lalu klik OK untuk menyalakan timbunan tahap 3.

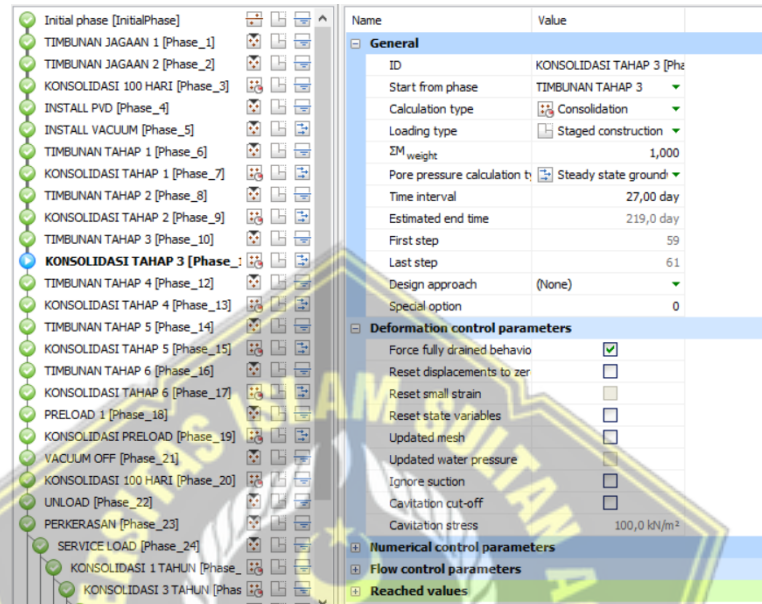


Gambar 4. 73 *Define Phase* Timbunan Tahap 3

12. Konsolidasi Tahap 3

Setelah timbunan telah terpasang semua maka langkah selanjutnya adalah konsolidasi selama 4 hari. Langkah yang perlu dilakukan adalah dengan klik pada *initial phase* untuk melanjutkan tahap kalkulasi kelangkah selanjutnya, selanjutnya

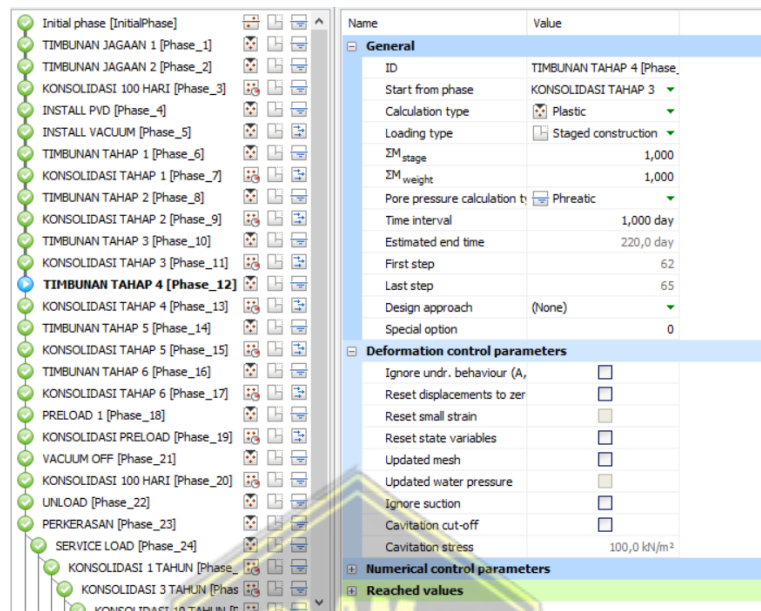
beri keterangan pada kolom *Number/ID* dengan nama KONSOLIDASI TAHAP 3. Pada kolom *Start from phase* pilih TIMBUNAN TAHAP 3. Atur tipe kalkulasi yang digunakan adalah *Consolidation*, *Loading Type* menjadi *Stage Construction* dan *Pore pressure calculation type* yang digunakan adalah *Steady State Groundy*.



Gambar 4. 74 *Input Phase Konsolidasi Tahap 3*

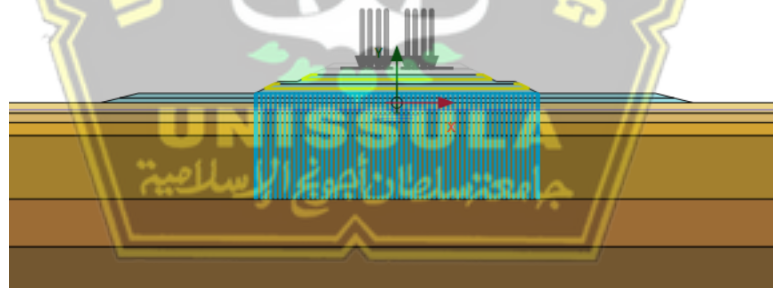
13. Timbunan Tahap 4 (Setinggi 1 meter)

Pada tahap timbunan tahap 4 ini akan dilakukan timbunan setinggi 1 meter diatas lembaran *geotextile* ke-2. Langkah yang perlu dilakukan adalah dengan klik pada *initial phase* untuk melanjutkan tahap kalkulasi kelangkah selanjutnya, selanjutnya beri keterangan pada kolom *Number/ID* dengan nama TIMBUNAN TAHAP 4. Pada kolom *Start from phase* pilih KONSOLIDASI TAHAP 3. Atur tipe kalkulasi yang digunakan adalah *Plastic*, *Loading Type* menjadi *Stage Construction* dan *Pore pressure calculation type* yang digunakan adalah *Steady State Groundy*. Untuk lamanya waktu pengerjaan berjumlah 1 hari.



Gambar 4. 75 *Input Phase* Timbunan Tahap 4

Untuk bagian *Deformation Control Parameter* yang perlu diatur yaitu pada bagian sub menu *control parameter* pilih *Force Fully Drained Behavior*. Lalu klik OK untuk menyalakan timbunan tahap 4 dan lembaran Geotextile.

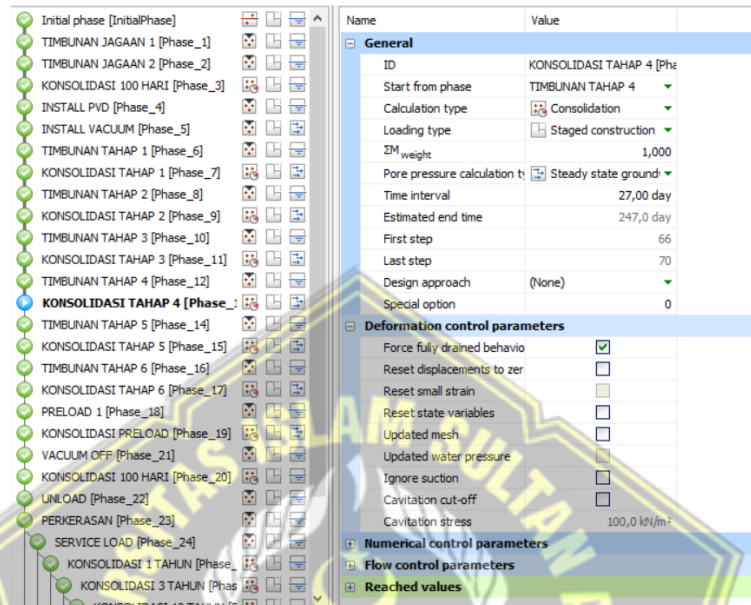


Gambar 4. 76 *Define Phase* Timbunan Tahap 4

14. Konsolidasi Tahap 4

Setelah timbunan telah terpasang semua maka langkah selanjutnya adalah konsolidasi selama 4 hari. Langkah yang perlu dilakukan adalah dengan klik pada *initial phase* untuk melanjutkan tahap kalkulasi kelangkah selanjutnya, selanjutnya beri keterangan pada kolom *Number/ID* dengan nama KONSOLIDASI TAHAP 4.

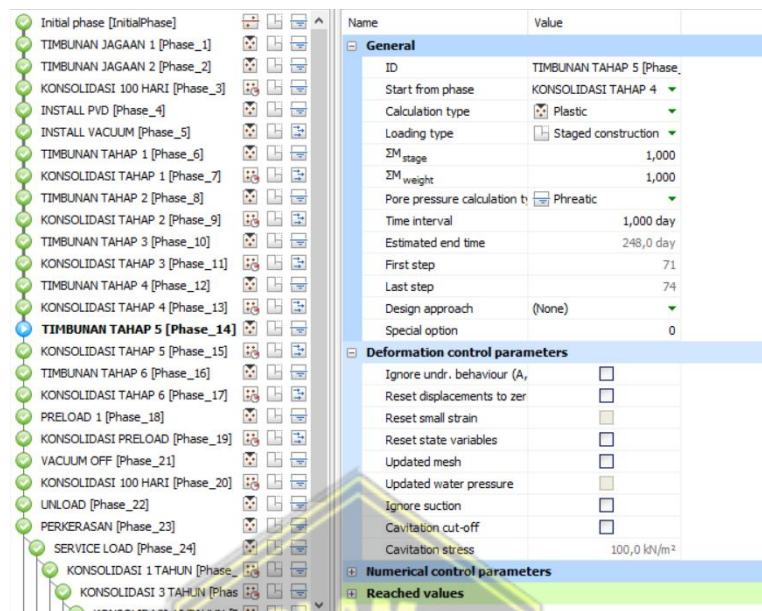
Pada kolom Start from phase pilih TIMBUNAN TAHAP 4. Atur tipe kalkulasi yang digunakan adalah *Consolidation*, *Loading Type* menjadi *Stage Construction* dan *Pore pressure calculation type* yang digunakan adalah *Steady State Groundy*.



Gambar 4. 77 *Input Phase Konsolidasi Tahap 4*

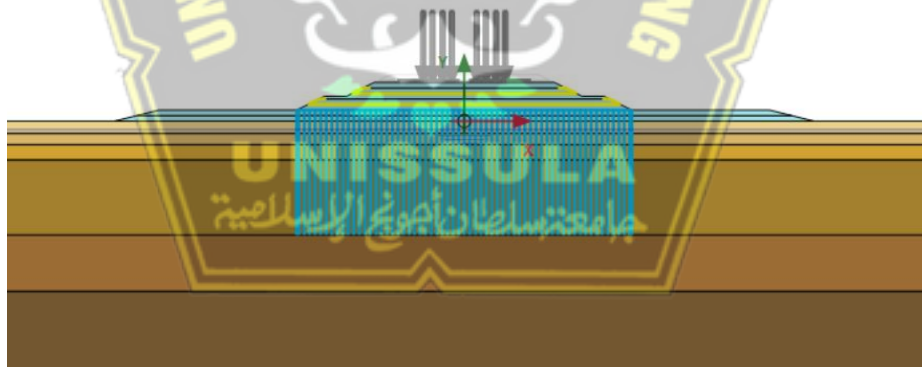
15. Timbunan Tahap 5 (Setinggi 1 meter)

Pada tahap timbunan tahap 5 ini akan dilakukan timbunan setinggi 1 meter diatas permukaan tanah timbunan tahap 4. Langkah yang perlu dilakukan adalah dengan klik pada *initial phase* untuk melanjutkan tahap kalkulasi kelangkah selanjutnya, selanjutnya beri keterangan pada kolom *Number/ID* dengan nama TIMBUNAN TAHAP 5. Pada kolom Start from phase pilih KONSOLIDASI TAHAP 4. Atur tipe kalkulasi yang digunakan adalah *Plastic*, *Loading Type* menjadi *Stage Construction* dan *Pore pressure calculation type* yang digunakan adalah *Steady State Groundy*.



Gambar 4. 78 *Input Phase* Timbunan Tahap 5

Untuk lamanya waktu pengerjaan 1 hari. Untuk bagian *Deformation Control Parameter* yang perlu diatur yaitu pada bagian sub menu *control parameter* pilih *Force Fully Drained Behavior*. Lalu klik OK untuk menyalakan timbunan tahap 5.

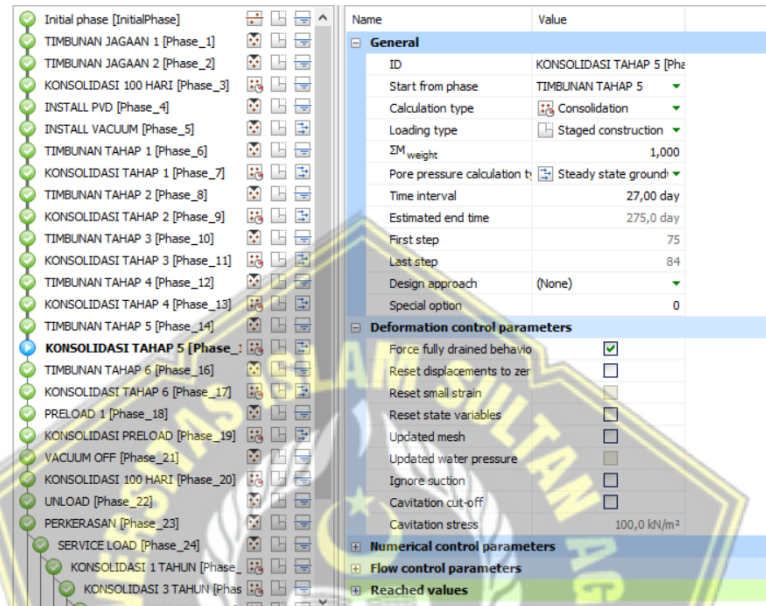


Gambar 4. 79 *Define Phase* Timbunan Tahap 5

16. Konsolidasi Tahap 5

Setelah timbunan telah terpasang semua maka langkah selanjutnya adalah konsolidasi selama 4 hari. Langkah yang perlu dilakukan adalah dengan klik pada *initial phase* untuk melanjutkan tahap kalkulasi kelangkah selanjutnya, selanjutnya

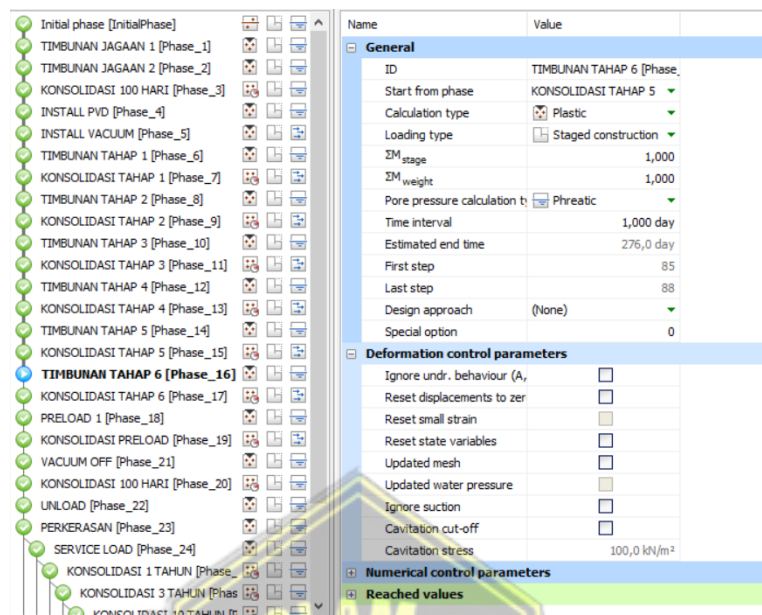
beri keterangan pada kolom *Number/ID* dengan nama KONSOLIDASI TAHAP 5. Pada kolom *Start from phase* pilih TIMBUNAN TAHAP 5. Atur tipe kalkulasi yang digunakan adalah *Consolidation*, *Loading Type* menjadi *Stage Construction* dan *Pore pressure calculation type* yang digunakan adalah *Steady State Groundy*.



Gambar 4. 80 *Input Phase Konsolidasi Tahap 5*

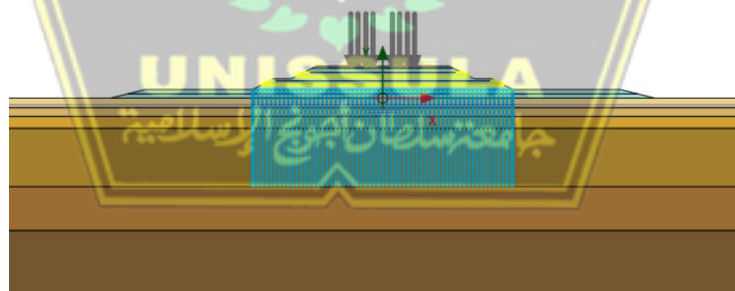
17. Timbunan Tahap 6 (0,42 m)

Pada tahap timbunan tahap 6 ini akan dilakukan timbunan setinggi 0,42 meter diatas permukaan tanah timbunan tahap 5. Langkah yang perlu dilakukan adalah dengan klik pada *initial phase* untuk melanjutkan tahap kalkulasi kelangkah selanjutnya, selanjutnya beri keterangan pada kolom *Number/ID* dengan nama TIMBUNAN TAHAP 6. Pada kolom *Start from phase* pilih KONSOLIDASI TAHAP 5. Atur tipe kalkulasi yang digunakan adalah *Plastic*, *Loading Type* menjadi *Stage Construction* dan *Pore pressure calculation type* yang digunakan adalah *Steady State Groundy*.



Gambar 4. 81 *Input Phase* Timbunan Tahap 6

Untuk lamanya waktu pengerjaan berjumlah 1 hari. Untuk bagian *Deformation Control Parameter* yang perlu diatur yaitu pada bagian sub menu *control parameter* pilih *Force Fully Drained Behavior*. Lalu klik OK untuk menyalakan timbunan tahap 5.

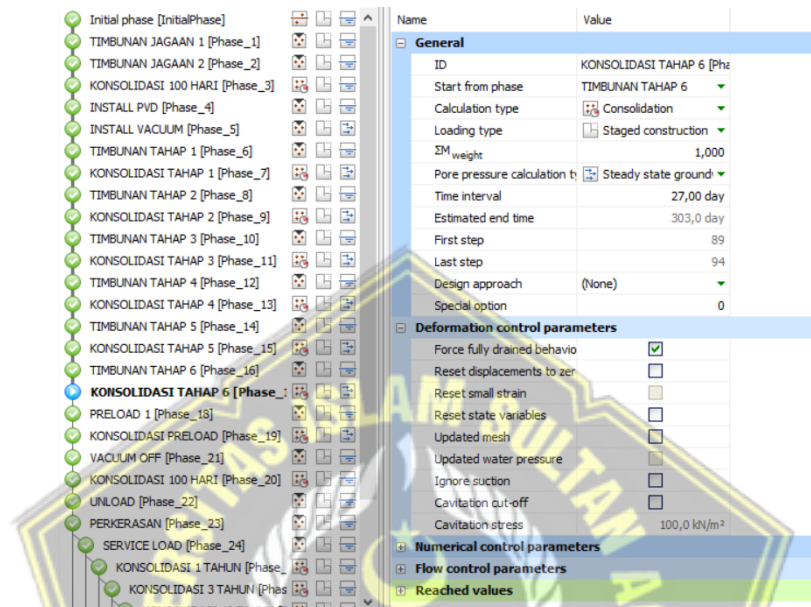


Gambar 4. 82 *Define Phase* Timbunan Tahap 6

18. Konsolidasi Tahap 6

Setelah timbunan telah terpasang semua maka langkah selanjutnya adalah konsolidasi selama 4 hari. Langkah yang perlu dilakukan adalah dengan klik pada *initial phase* untuk melanjutkan tahap kalkulasi kelangkah selanjutnya, selanjutnya

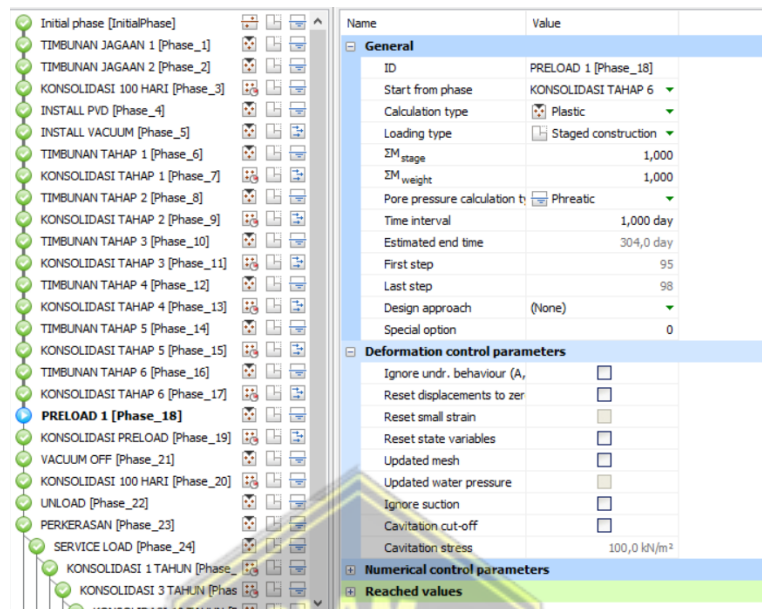
beri keterangan pada kolom *Number/ID* dengan nama KONSOLIDASI TAHAP 6. Pada kolom *Start from phase* pilih TIMBUNAN TAHAP 6. Atur tipe kalkulasi yang digunakan adalah *Consolidation*, *Loading Type* menjadi *Stage Construction* dan *Pore pressure calculation type* yang digunakan adalah *Steady State Groundy*.



Gambar 4. 83 *Input Phase Konsolidasi Tahap 6*

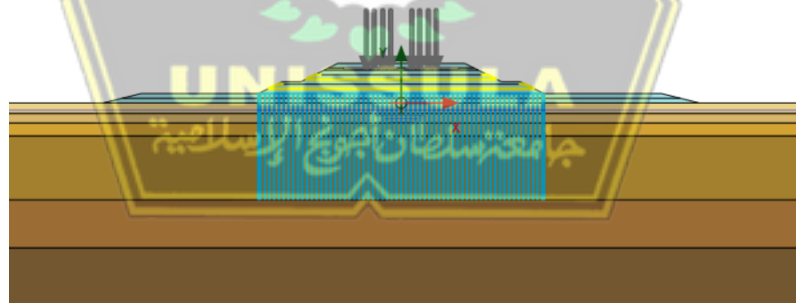
19. Timbunan *Preload* (1 m)

Pada tahap timbunan *Preload* ini akan dilakukan timbunan setinggi 1 meter diatas permukaan tanah timbunan tahap 6. Langkah yang perlu dilakukan adalah dengan klik pada *initial phase* untuk melanjutkan tahap kalkulasi kelangkah selanjutnya, selanjutnya beri keterangan pada kolom *Number/ID* dengan nama TIMBUNAN *PRELOAD*. Pada kolom *Start from phase* pilih KONSOLIDASI TAHAP 6. Atur tipe kalkulasi yang digunakan adalah *Plastic*, *Loading Type* menjadi *Stage Construction* dan *Pore pressure calculation type* yang digunakan adalah *Steady State Groundy*.



Gambar 4. 84 *Input Phase Preload*

Untuk lamanya waktu pengerjaan dan lama waktu tunggu berjumlah 1 hari. Untuk bagian *Deformation Control Parameter* yang perlu diatur yaitu pada bagian sub menu *control parameter* pilih *Force Fully Drained Behavior*. Lalu klik OK untuk menyalakan timbunan *Preload*.

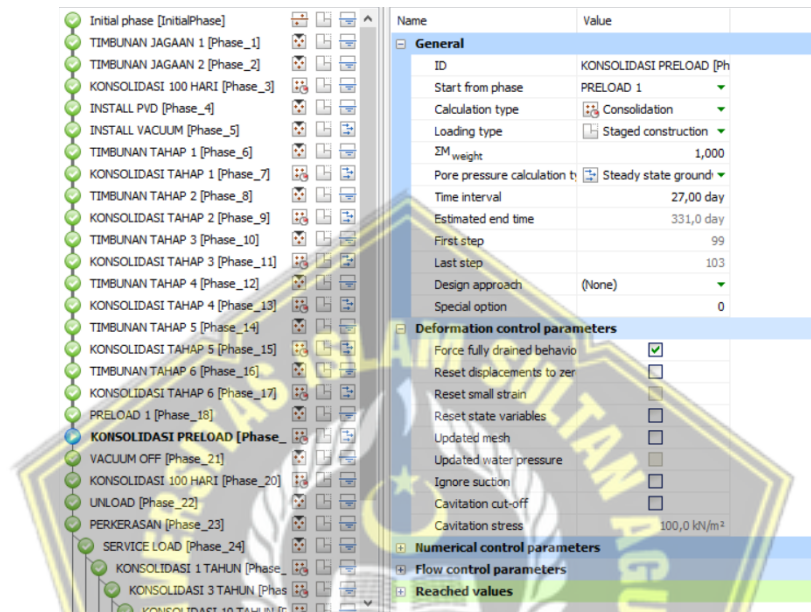


Gambar 4. 85 *Define Phase Preload*

20. Konsolidasi **PRELOAD**

Setelah timbunan telah terpasang semua maka langkah selanjutnya adalah konsolidasi selama 4 hari. Langkah yang perlu dilakukan adalah dengan klik pada *initial phase* untuk melanjutkan tahap kalkulasi kelangkah selanjutnya, selanjutnya

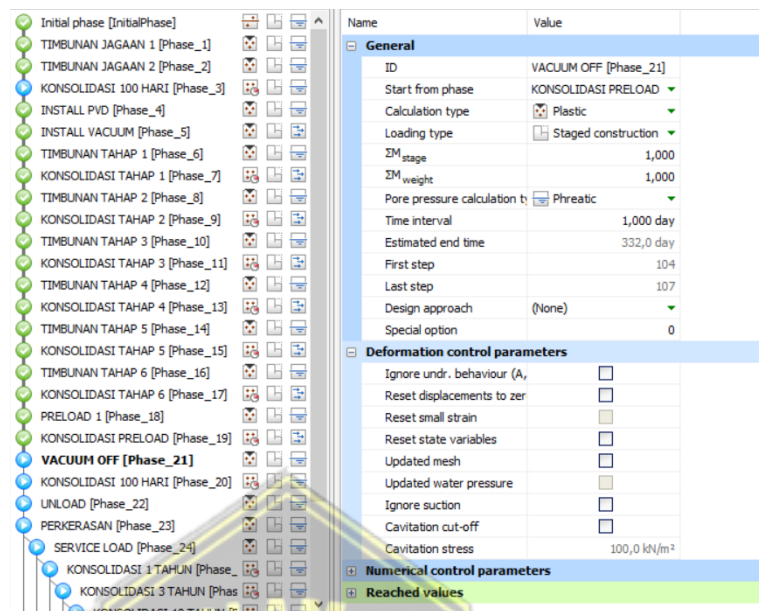
beri keterangan pada kolom *Number/ID* dengan nama KONSOLIDASI *PRELOAD*. Pada kolom *Start from phase* pilih *TIMBUNAN PRELOAD*. Atur tipe kalkulasi yang digunakan adalah *Consolidation*, *Loading Type* menjadi *Stage Construction* dan *Pore pressure calculation type* yang digunakan adalah *Steady State Groundy*.



Gambar 4. 86 *Input Phase Konsolidasi Preload*

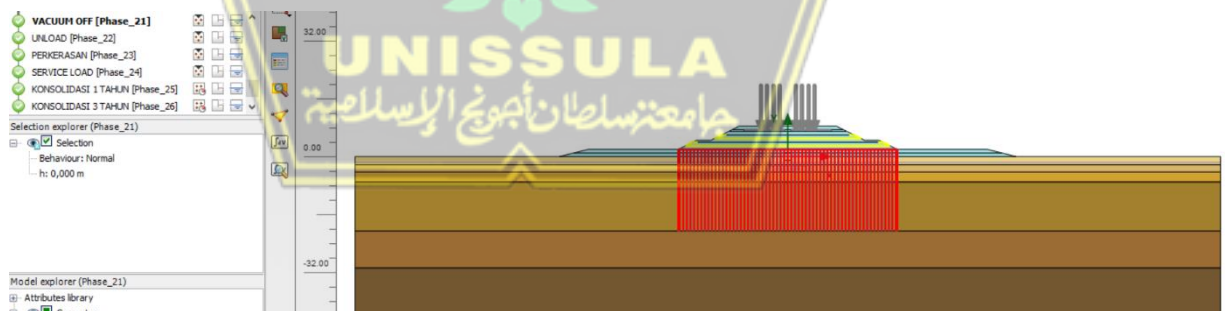
21. Vacuum Off

Pada tahap *Vacuum Off* atau menonaktifkan beban *vacuum*, tahap ini dikerjakan selama 1 hari. Langkah yang dilakukan pada tahap ini adalah dengan memveri nama pada kolom *number/ID* dengan nama tahap *VACUUM OFF*, untuk pekerjaan awal dimulai dari tahap (*Star from phase*) pilih KONSOLIDASI 180 hari, jenis perhitungan (*Calculation type*) yang digunakan adalah *Plastic* dan *Pore pressure calculation type* yang digunakan adalah *Phreatic*.



Gambar 4. 87 *Input Phase Vacuum Off*

Untuk bagian *Deformation Control Parameter* yang perlu diperhatikan adalah *Ignore Suction* tidak tercekis dari awal pekerjaan, hal ini yang menjadi salah satu pembeda diantara kedua versi PLAXIS untuk metode konsolidasi Vakum. Langkah berikutnya adalah klik OK lalu mengatur pada semua PVD yang terpasang *Behavior* diatur menjadi Normal kembali dengan nilai h adalah 0 meter.

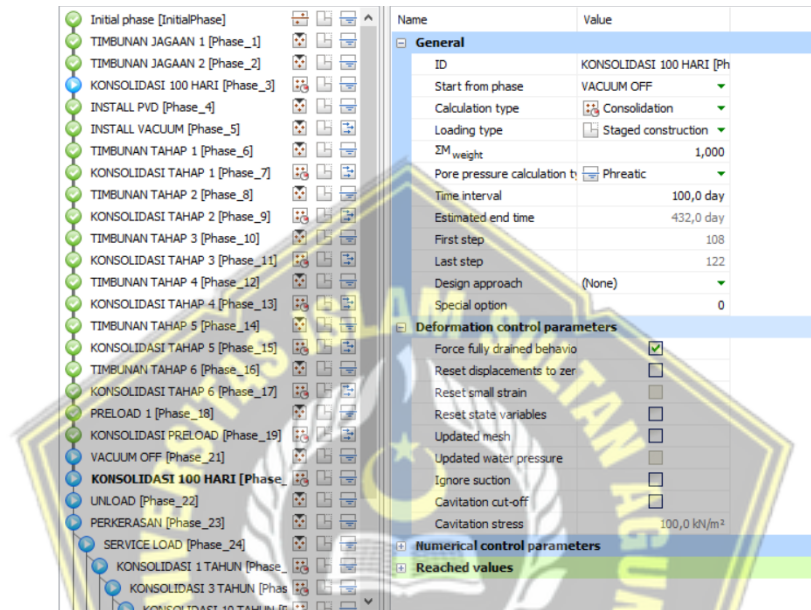


Gambar 4. 88 *Define Phase Vacuum Off*

22. Konsolidasi 100 Hari

Setelah timbunan telah terpasang semua maka langkah selanjutnya adalah konsolidasi selama 100 hari. Langkah yang perlu dilakukan adalah dengan klik pada *initial phase* untuk melanjutkan tahap kalkulasi kelangkah selanjutnya,

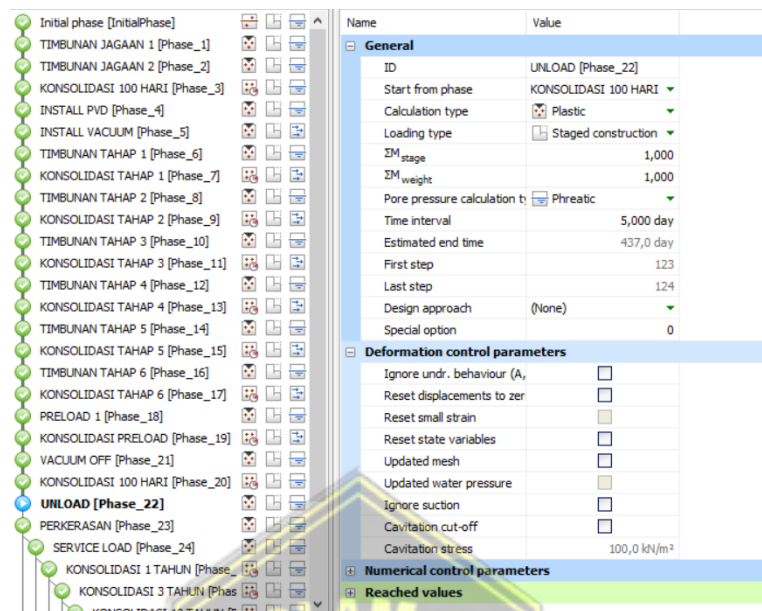
selanjutnya beri keterangan pada kolom *Number/ID* dengan nama KONSOLIDASI 100 HARI. Pada kolom *Start from phase* pilih KONSOLIDASI PRELOAD. Atur tipe kalkulasi yang digunakan adalah *Consolidation*, *Loading Type* menjadi *Stage Construction* dan *Pore pressure calculation type* yang digunakan adalah *Steady State Groundy*.



Gambar 4. 89 Input Phase Konsolidasi 100 Hari

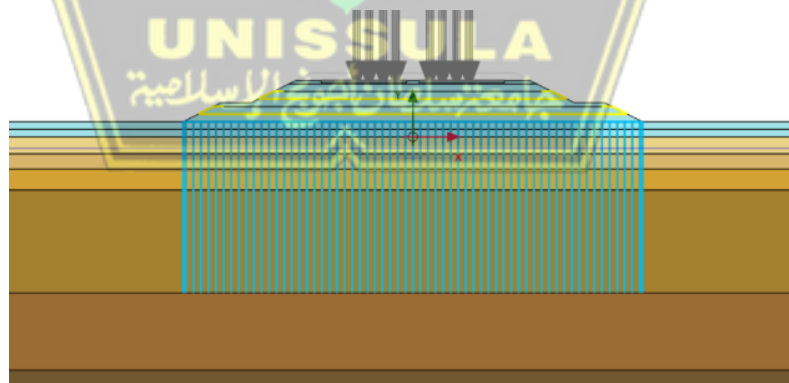
23. UNLOAD

Tahap *unload* ini, merupakan pekerjaan tambahan yang dilakukan untuk memaksimalkan pekerjaan *preloading*, apabila pekerjaan konstruksi telah usai maka pekerjaan selanjutnya membuang timbunan *preload* setinggi 1 meter untuk selanjutnya dapat dilakukan pekerjaan perkerasan. Lamanya waktu yang dibutuhkan dalam menjalankan pekerjaan ini adalah 5 hari. Langkah yang perlu dilakukan adalah dengan mengisi kolom *number/ID* dengan nama *UNLOAD*, untuk pekerjaan awal dimulai dari tahap (*Star From Phase*) pilih *VACUUM OFF* dan jenis perhitunga (*Calculation type*) yang digunakan adalah *Plastic* dan *Pore pressure calculation type* yang digunakan adalah *Phreatic*.



Gambar 4. 90 *Input Phase Unload*

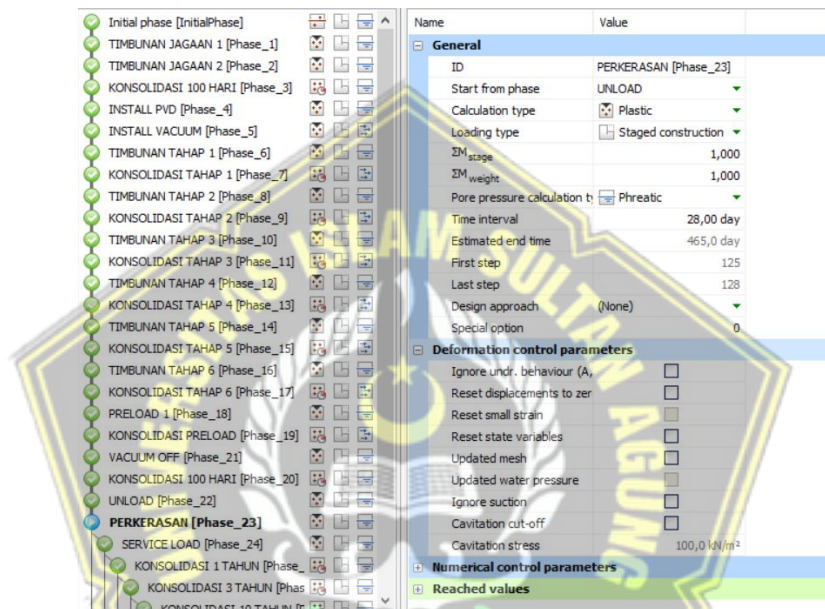
Selanjutnya pada tab parameter untuk menu control panel aktifkan *Delete Intermediate Steps*. Menu *Loading Input* pilih *Stage Construction*, tahap Tahap ini membutuhkan waktu selama 5 hari yang dimulai dari pekerjaan *Vacuum off* selama 1 hari. Pada tahap ini dilakukan dengan cara mengklik *define* untuk menon-aktifkan lapisan *preload*.



Gambar 4. 91 *Define Phase Unload*

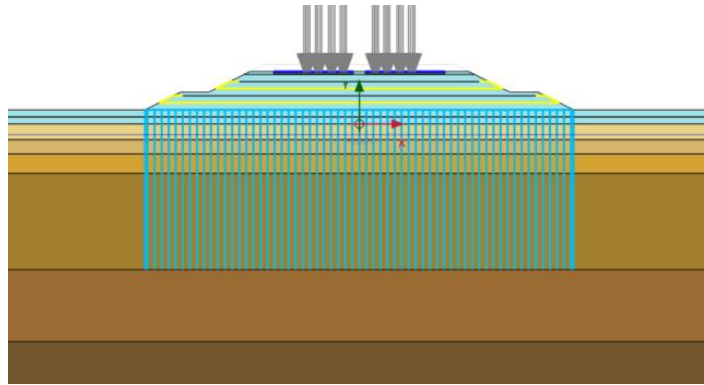
24. Tahap Perkerasan Jalan

Tahap pekerjaan berikutnya adalah pekerjaan perkerasan jalan setebal 30 cm, lamanya waktu pekerjaan perkerasan adalah 21 hari. Langkah yang perlu dilakukan adalah dengan mengisi kolom *number/ID* dengan nama PERKERASAN, untuk pekerjaan awal dimulai dari tahap (*Start from phase*) pilih *VACUUM OFF*, jenis perhitungan (*Calculation type*) yang digunakan adalah *Plastic* dan *Pore pressure calculation type* yang digunakan adalah *Phreatic*.



Gambar 4. 92 Input Phase Perkerasan

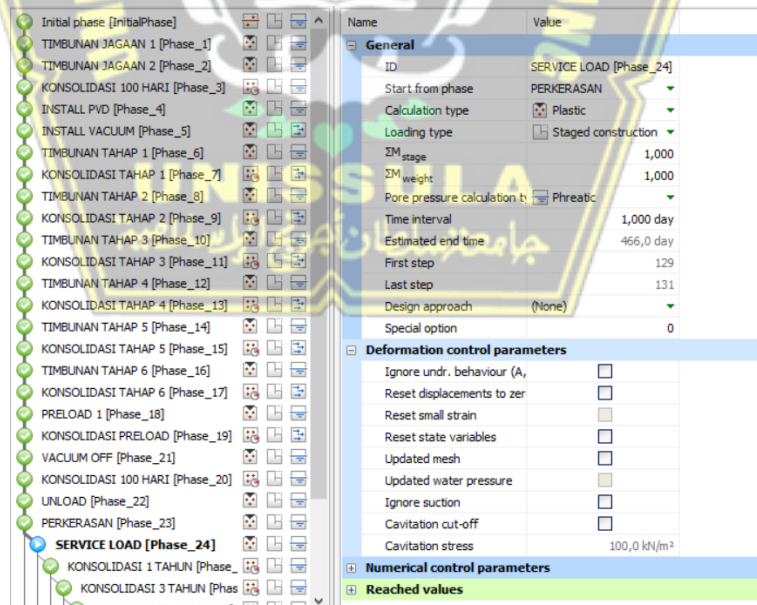
Untuk lamanya waktu pengerjaan dan lama waktu tunggu berjumlah 28 hari. Lalu klik OK untuk menyalakan bagian perkerasan dan plate pada bagian atas perkerasan.



Gambar 4. 93 Define Phase Perkerasan

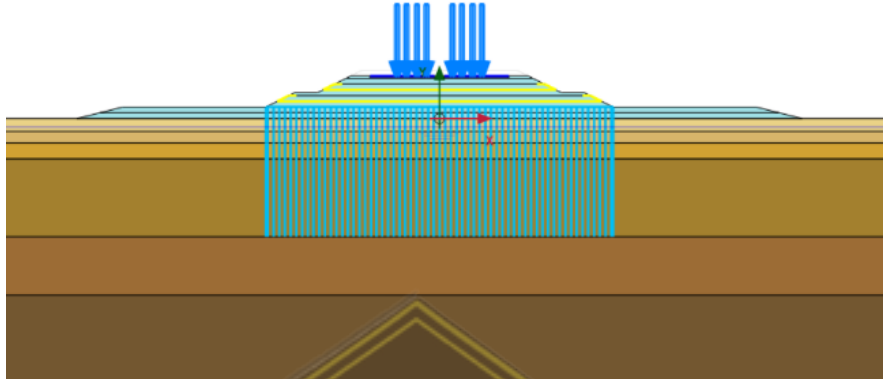
25. Service Load

Pada tahap pekerjaan berikutnya adalah *service load*, lamanya waktu pekerjaan perkerasan adalah 1 hari. Langkah yang perlu dilakukan adalah dengan mengisi kolom *number/ID* dengan nama *SERVICE LOAD*, untuk pekerjaan awal dimulai dari tahap (*Star from phase*) pilih *PERKERASAN JALAN*, jenis perhitungan (*Calculation type*) yang digunakan adalah *Plastic* dan *Pore pressure calculation type* yang digunakan adalah *Phreatic*.



Gambar 4. 94 Input Phase Service Load

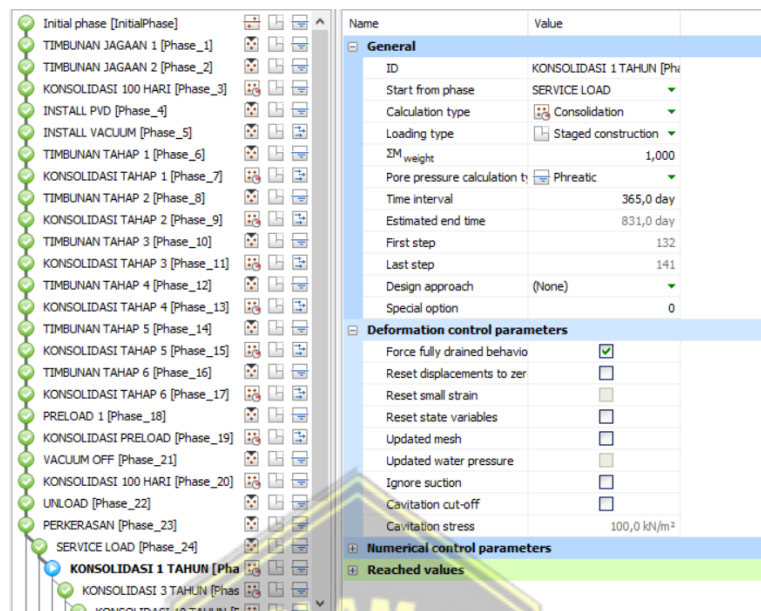
Untuk lamanya waktu pengerjaan dan lama waktu tunggu berjumlah 1 hari. Lalu klik OK untuk menyalakan bagian pembebanan beban diatas permukaan perkerasan jalan.



Gambar 4. 95 *Define Phase Service Load*

26. Konsolidasi 1 Tahun (365 hari)

Setelah timbunan telah terpasang maka langkah selanjutnya adalah konsolidasi selama 1 tahun. Langkah yang perlu dilakukan adalah dengan klik pada *initial phase* untuk melanjutkan tahap kalkulasi, isi kolom *Number/ID* dengan KONSOLIDASI 1 TAHUN. Pada kolom *Start from phase* pilih *SERVICE LOAD*. Atur tipe kalkulasi yang digunakan adalah *Consolidation*, *Loading Type* menjadi *Stage Construction* dan *Pore pressure calculation type* yang digunakan adalah *Phreatic*.

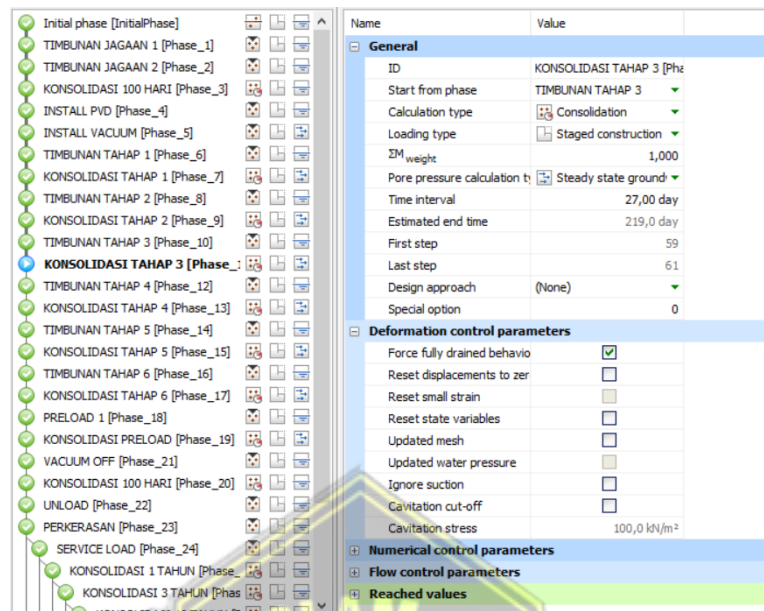


Gambar 4. 96 *Input Phase* Konsolidasi 1 tahun

Untuk lamanya waktu pengerjaan dan lama waktu tunggu berjumlah 365 hari yang dimulai dari pekerjaan *Service Load* selama 1 hari.

27. Konsolidasi 3 tahun (730 hari)

Setelah timbunan telah terpasang semua maka langkah selanjutnya adalah konsolidasi selama 3 tahun. Langkah yang perlu dilakukan adalah dengan klik pada *initial phase* untuk melanjutkan tahap kalkulasi kelangkah selanjutnya, selanjutnya beri keterangan pada kolom *Number/ID* dengan nama KONSOLIDASI 3 TAHUN. Pada kolom *Start from phase* pilih KONSOLIDASI 1 TAHUN. Atur tipe kalkulasi yang digunakan adalah *Consolidation*, *Loading Type* menjadi *Stage Construction* dan *Pore pressure calculation type* yang digunakan adalah *Phreatic*.

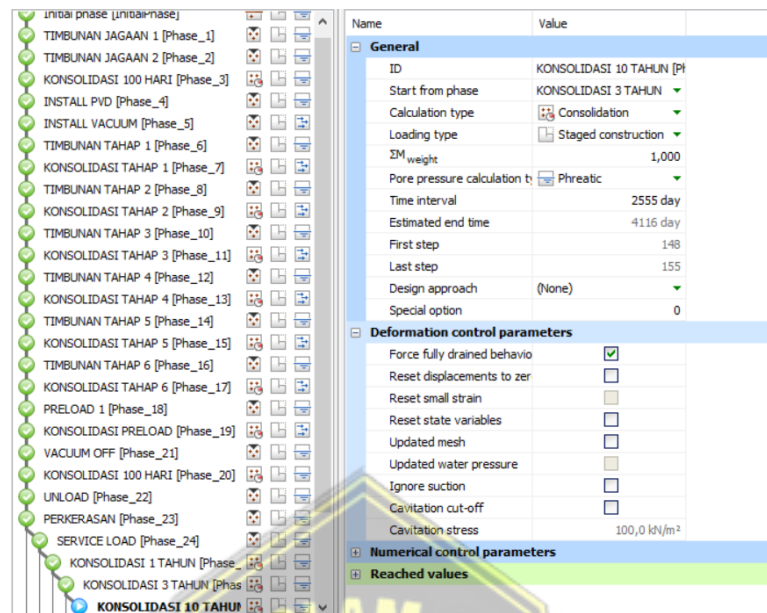


Gambar 4. 97 *Input Phase Konsolidasi 3 tahun*

Untuk lamanya waktu pengerjaan dan lama waktu tunggu berjumlah 730 hari karena 1 tahun pertama sudah dilakukan perhitungan pada pekerjaan konsolidasi 1 tahun sebelumnya.

28. Konsolidasi 10 tahun (2555 hari)

Setelah timbunan telah terpasang semua maka langkah selanjutnya adalah konsolidasi selama 10 tahun. Langkah yang perlu dilakukan adalah dengan klik pada *initial phase* untuk melanjutkan tahap kalkulasi kelangkah selanjutnya, selanjutnya beri keterangan pada kolom *Number/ID* dengan nama KONSOLIDASI 10 TAHUN. Pada kolom *Start from phase* pilih KONSOLIDASI 3 TAHUN. Atur tipe kalkulasi yang digunakan adalah *Consolidation*, *Loading Type* menjadi *Stage Construction* dan *Pore pressure calculation type* yang digunakan adalah *Phreatic*.

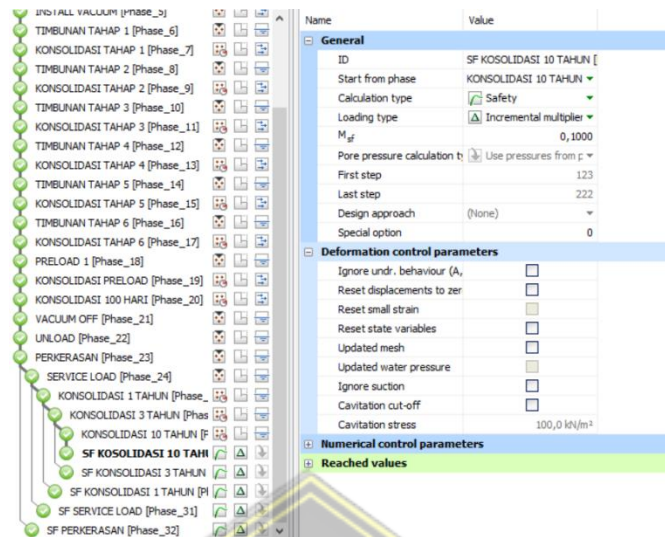


Gambar 4. 98 *Input Phase Konsolidasi 10 tahun*

Untuk lamanya waktu pengerjaan dan lama waktu tunggu berjumlah 2555 hari karena 3 tahun pertama sudah dilakukan perhitungan pada pekerjaan konsolidasi 3 tahun sebelumnya.

29. SF (*Safety Factor*)

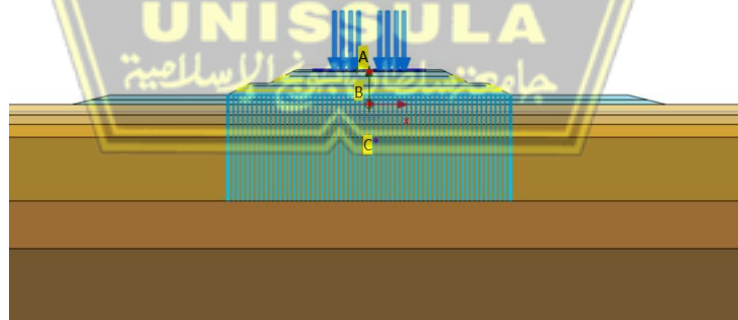
Dalam pekerjaan analisa penurunan tanah yang dilakukan dengan bantuan aplikasi PLAXIS perlu di periksa nilai SF (*Safety Factor*), hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa tiap tahap pekerjaan setelah *End Construction* aman terkendali tidak terjadi kerusakan pekerjaan. Pemeriksaan SF (*Safety Factor*) ini dilakukan setelah pekerjaan *End Construction* selesai dikerjakan, untuk pekerjaan kali ini *End Construction* selesai pada pekerjaan PERKERASAN JALAN. Oleh karena itu pemeriksaan SF (*Safety Factor*) dimulai dari pekerjaan PERKERASAN hingga tahap terakhir yaitu KONSOLIDASI 10 TAHUN. Langkah yang perlu dilakukan adalah dengan klik pada *initial phase* untuk melanjutkan tahap kalkulasi selanjutnya, selanjutnya beri keterangan pada kolom *Number/ID* dengan nama SF(nama tahap pekerjaan). Pada kolom *Start from phase* pilih tahap pekerjaan yang ingin diperiksa nilai SF (*Safety Factor*)-nya. Atur tipe kalkulasi yang digunakan adalah *Safety*, *Loading Type* menjadi *Incremental Multiplier*.



Gambar 4. 99 *Input Phase* Konsolidasi 10 Tahun

30. Menentukan Titik Tinjau *Displacement*

Untuk mendapatkan kurva hubungan antara penurunan tanah dengan waktu, langkah yang harus dilakukan adalah dengan mengklik *toolbar* dan, lalu klik areal yang akan di tinjau. Untuk titik A berada pada bagian top timbunan yaitu pada median jalan, titik B berada pada batas antara timbunan dengan tanah asli dan untuk titik C berada pada daerah yang terpengaruhi oleh pekerjaan PVD dan *define*. Kemudian klik *update* dan hitung.



Gambar 4. 100 Titik Tinjau

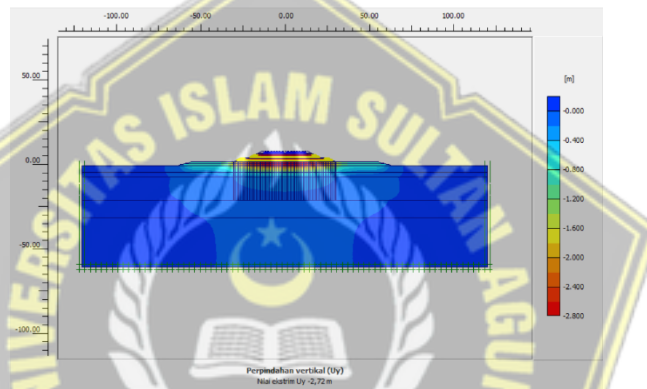
4.3 Hasil Analisa

Hasil analisa yang didapat dari permodelan PLAXIS V8.6 dan PLAXIS V20 berupa total penurunan tanah (*Total Displacement*), Tekanan Air Pori Berlebih (*Excess Pore Pressure*), dan Angka Keamanan (*Safety Factor*).

4.3.1. Hasil Analisa Menggunakan PLAXIS V8.6

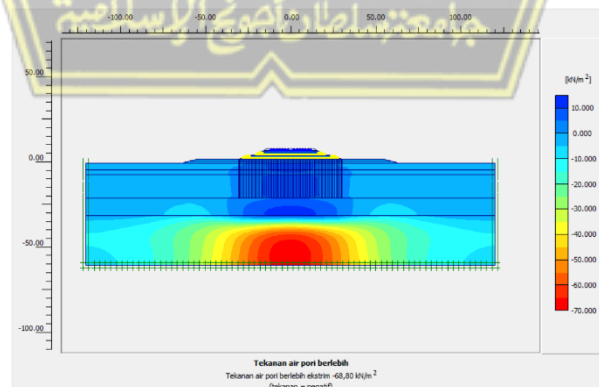
4.3.1.1. Hasil Tahap Perkerasan pada Permodelan PLAXIS V8.6.

Dari hasil analisa pada program PLAXIS V8.6 didapatkan hasil keluaran pada tahap perkerasan yaitu total penurunan tanah sebesar -2,72 m dengan ketinggian muka air pada kedalaman 1,5 m dari permukaan tanah, hal tersebut dapat terlihat dari gambar 4.101:



Gambar 4. 101 Penurunan Tanah Tahap Perkerasan

Saat tahap perkerasan ini pula didapatkan nilai tekanan air pori berlebih sebesar -68,80 kN/m² hal tersebut dapat terlihat pada gambar 4.102:



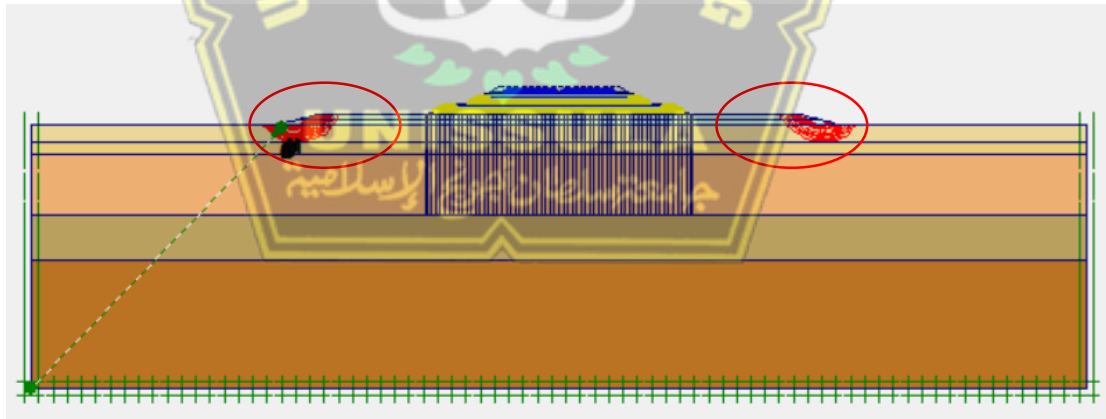
Gambar 4. 102 Tekanan Air Pori Berlebih Tahap Perkerasan

Untuk nilai angka keamanan (SF) pada tahap perkerasaan ini didapatkan angka sebesar 2,8952, dimana berarti dapat dikatakan bahwa pada tahap pekerasaan ini pekerjaan aman untuk dilakukan karena nilai SF ini lebih besar dari 1,5. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 4.103:

Faktor pengali total	
Σ -Mdisp:	1,0000
Σ -MloadA:	1,0000
Σ -MloadB:	1,0000
Σ -Mweight:	1,0000
Σ -Maccel:	0,0000
Σ -Msf:	2,8952

Gambar 4. 103 Nilai SF Tahap Perkerasan

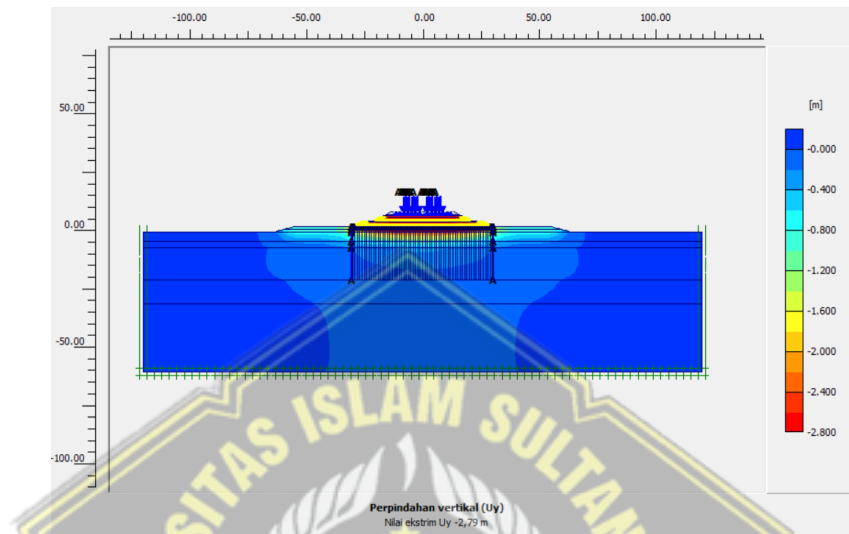
Dari analisa tahap perkerasaan melalui pengecekan nilai SF didapatkan gambar analisa bidang longsor, dimana bidang longsor ini menunjukkan kemungkinan pergerakan tanah saat pekerjaan berlangsung. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 4.104:



Gambar 4. 104 Bidang Longsor Tahap Perkerasan

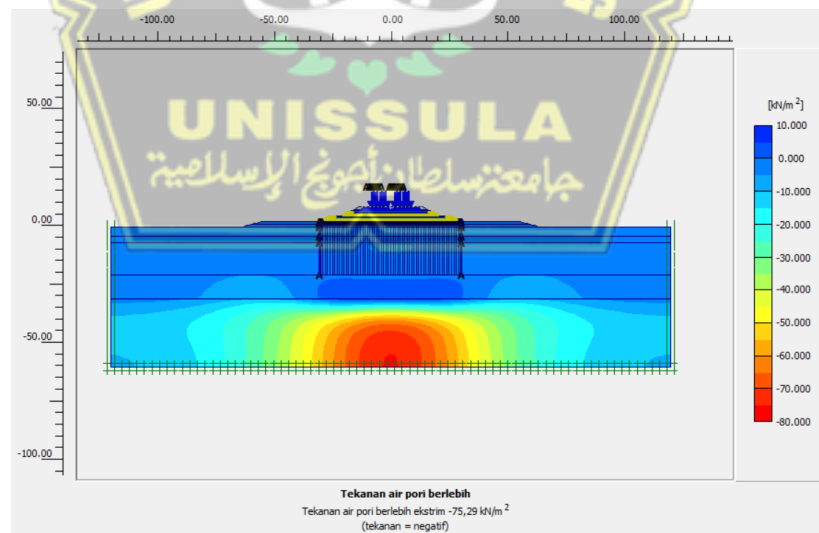
4.3.1.2. Hasil Tahap Service Load pada Permodelan PLAXIS V8.6.

Dari hasil analisa pada program PLAXIS V8.6 didapatkan hasil keluaran pada tahap perkerasan yaitu total penurunan tanah sebesar -2,96 m dengan ketinggian muka air pada kedalaman 1,5 m dari permukaan tanah, hal tersebut dapat terlihat dari gambar 4.105:



Gambar 4. 105 Total Penurunan Tanah Tahap Service Load

Saat tahap perkerasan ini pula didapatkan nilai tekanan air pori berlebih sebesar -75,29 kN/m² hal tersebut dapat terlihat pada gambar 4.106:



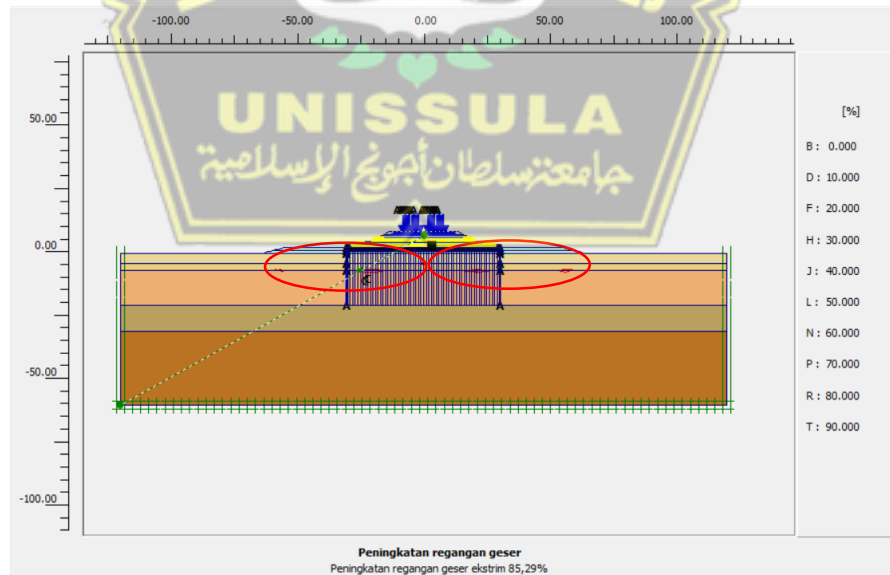
Gambar 4. 106 Tekanan Air Pori Tahap Service Load

Untuk nilai angka keamanan (SF) pada tahap perkerasaan ini didapatkan angka sebesar 2,8317, dimana berarti dapat dikatakan bahwa pada tahap pekerasaan ini pekerjaan aman untuk dilakukan karena nilai SF ini lebih besar dari 1,5. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 4.107:

Faktor pengali total	
Σ -Mdisp:	1,0000
Σ -MloadA:	1,0000
Σ -MloadB:	1,0000
Σ -Mweight:	1,0000
Σ -Maccel:	0,0000
Σ -Msf:	2,8317

Gambar 4. 107 SF Tahap *Service Load*

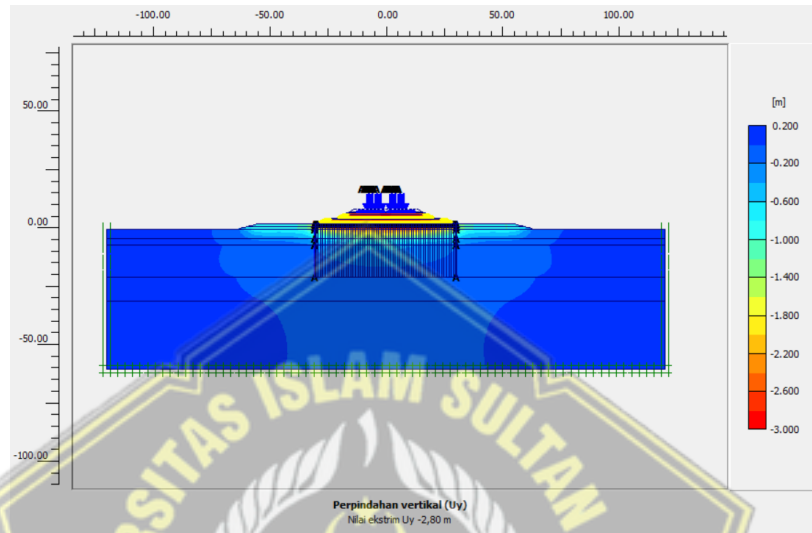
Dari analisa tahap perkerasaan melalui pengecekan nilai SF didapatkan gambar analisa bidang longsor, dimana bidang longsor ini menunjukkan kemungkinan pergerakan tanah saat pekerjaan berlangsung. Hal tersebut dapat dilihat gambar 4.108:



Gambar 4. 108 Bidang Longsor Tahap *Service Load*

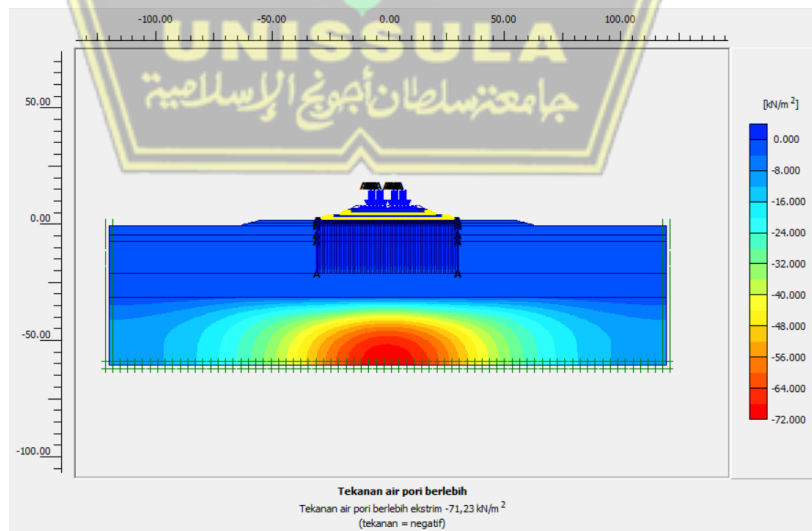
4.3.1.3. Hasil Tahap Konsolidasi 1 Tahun pada Permodelan PLAXIS V8.6.

Dari hasil analisa pada program PLAXIS V8.6 didapatkan hasil keluaran pada tahap perkerasan yaitu total penurunan tanah sebesar -2,80 m dengan ketinggian muka air pada kedalaman 1,5 m dari permukaan tanah, hal tersebut dapat terlihat dari gambar 4.109:



Gambar 4. 109 Total Penurunan Tahap Konsolidasi 1 Tahun

Saat tahap perkerasan ini pula didapatkan nilai tekanan air pori berlebih sebesar -71,23 kN/m² hal tersebut dapat terlihat pada gambar 4.110:



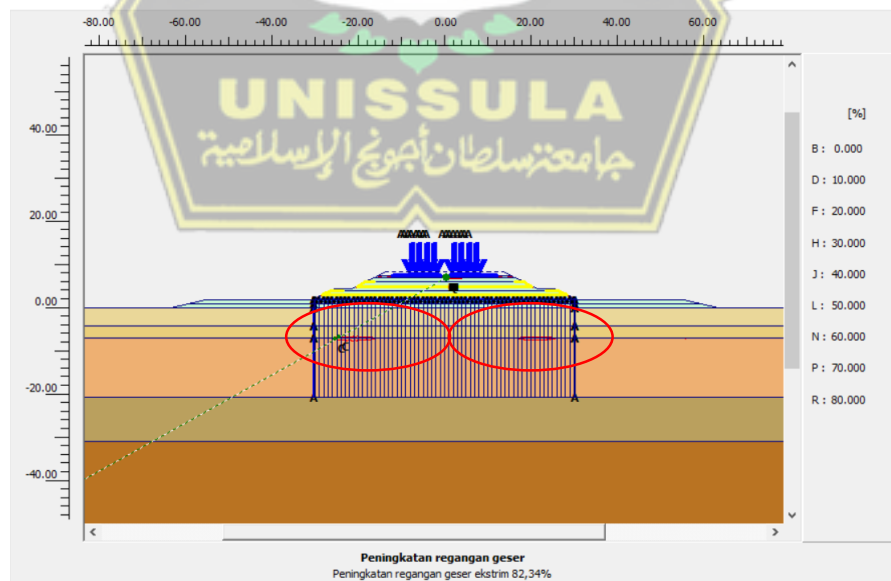
Gambar 4. 110 Tekanan Air Pori Tahap Konsolidasi 1 Tahun

Untuk nilai angka keamanan (SF) pada tahap perkerasaan ini didapatkan angka sebesar 2,872, dimana berarti dapat dikatakan bahwa pada tahap pekerasaan ini pekerjaan aman untuk dilakukan karena nilai SF ini lebih besar dari 1,5. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 4.111:

Faktor pengali total	
Σ -Mdisp:	1,0000
Σ -MloadA:	1,0000
Σ -MloadB:	1,0000
Σ -Mweight:	1,0000
Σ -Maccel:	0,0000
Σ -Msfi:	2,8720

Gambar 4. 111 SF Tahap Konsolidasi 1 Tahun

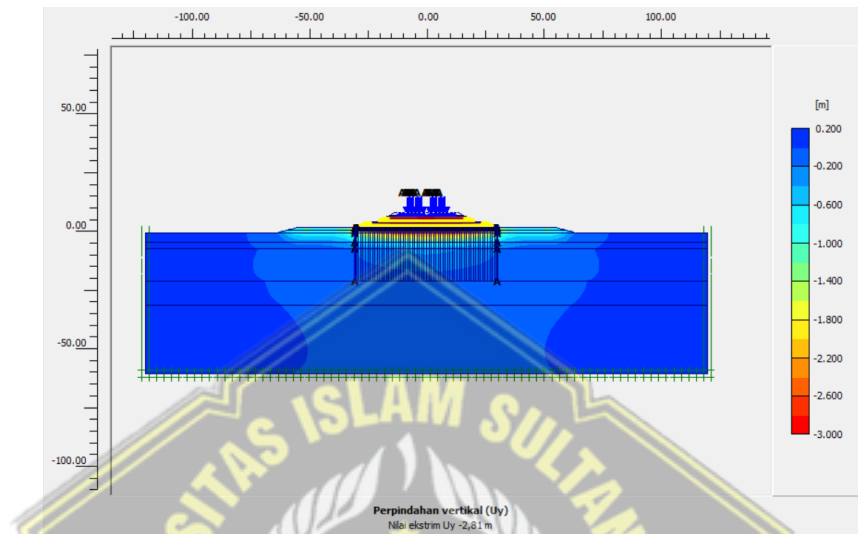
Dari analisa tahap perkerasaan melalui pengecekan nilai SF didapatkan gambar analisa bidang longsor, dimana bidang longsor ini menunjukkan kemungkinan pergerakan tanah saat pekerjaan perblangsung. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 4.112:



Gambar 4. 112 Bidang Longsor Tahap Konsolidasi 1 Tahun

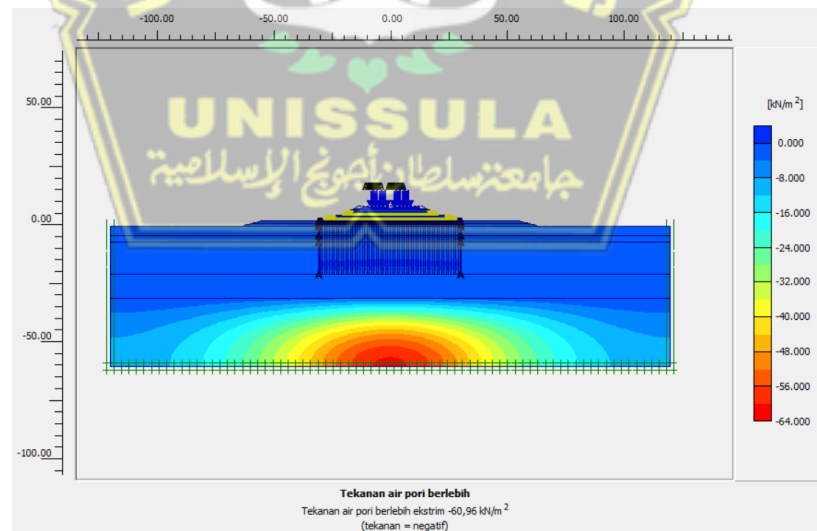
4.3.1.4. Hasil Tahap Konsolidasi 3 Tahun pada Permodelan PLAXIS V8.6.

Dari hasil analisa pada program PLAXIS V8.6 didapatkan hasil keluaran pada tahap perkerasan yaitu total penurunan tanah sebesar -2,81 m dengan ketinggian muka air pada kedalaman 1,5 m dari permukaan tanah, hal tersebut dapat terlihat dari gambar 4.113:



Gambar 4. 113 Total Penurunan Tahap Konsolidasi 3 Tahun

Saat tahap perkerasan ini pula didapatkan nilai tekanan air pori berlebih sebesar -60,96 kN/m² hal tersebut dapat terlihat pada gambar 4.114:



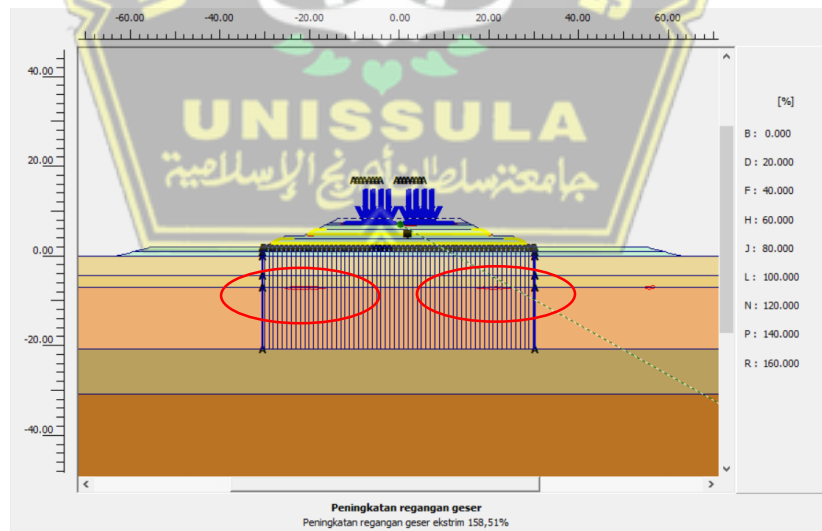
Gambar 4. 114 Tekanan Air Pori Konsolidasi 3 Tahun

Untuk nilai angka keamanan (SF) pada tahap perkerasan ini didapatkan angka sebesar 2,8887, dimana berarti dapat dikatakan bahwa pada tahap pekerasaan ini pekerjaan aman untuk dilakukan karena nilai SF ini lebih besar dari 1,5. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 4.115:

Faktor pengali total	
Σ -Mdisp:	1,0000
Σ -MloadA:	1,0000
Σ -MloadB:	1,0000
Σ -Mweight:	1,0000
Σ -Maccel:	0,0000
Σ -Msf:	2,8887

Gambar 4. 115 SF Tahap Konsolidasi 3 Tahun

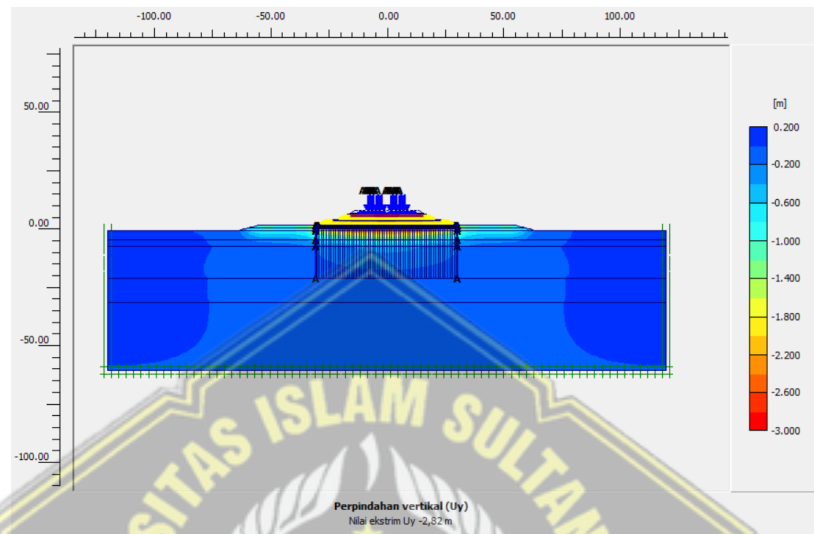
Dari analisa tahap perkerasan melalui pengecekan nilai SF didapatkan gambar analisa bidang longsor, dimana bidang longsor ini menunjukkan kemungkinan pergerakan tanah saat pekerjaan perblangsung. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 4.116:



Gambar 4. 116 Bidang Longsor Tahap Konsolidasi 3 Tahun

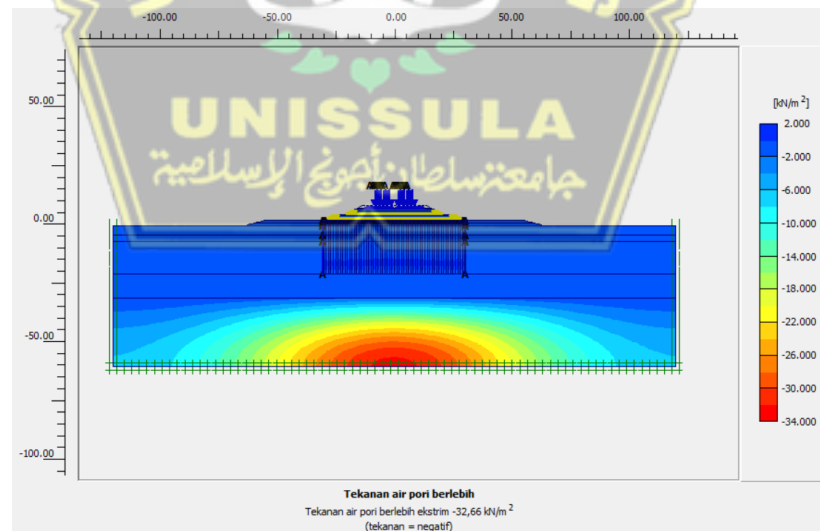
4.3.1.5. Hasil Tahap Konsolidasi 10 Tahun pada Permodelan PLAXIS V8.6.

Dari hasil analisa pada program PLAXIS V8.6 didapatkan hasil keluaran pada tahap perkerasan yaitu total penurunan tanah sebesar -2,82 m dengan ketinggian muka air pada kedalaman 1,5 m dari permukaan tanah, hal tersebut dapat terlihat dari gambar 4.117:



Gambar 4. 117 Total Penurunan Tahap Konsolidasi 10 Tahun

Saat tahap perkerasan ini pula didapatkan nilai tekanan air pori berlebih sebesar -32,66 kN/m² hal tersebut dapat terlihat pada gambar 4.118:



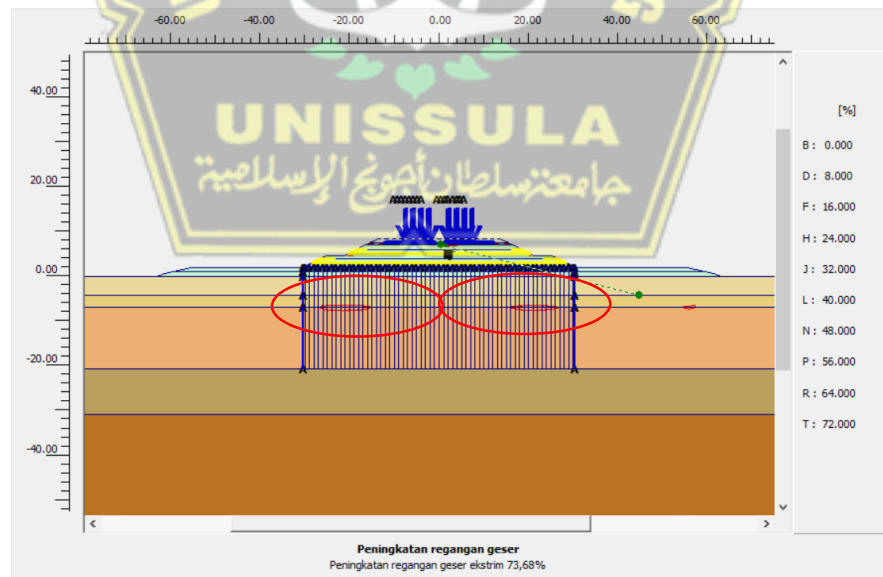
Gambar 4. 118 Tekanan Air Pori Tahap Konsolidasi 10 Tahun

Untuk nilai angka keamanan (SF) pada tahap perkerasaan ini didapatkan angka sebesar 2,8736, dimana berarti dapat dikatakan bahwa pada tahap pekerasaan ini pekerjaan aman untuk dilakukan karena nilai SF ini lebih besar dari 1,5. Hal tersebut dapat terlihat pada gambar 4.119:

Faktor pengali total	
Σ -Mdisp:	1,0000
Σ -MloadA:	1,0000
Σ -MloadB:	1,0000
Σ -Mweight:	1,0000
Σ -Maccel:	0,0000
Σ -Msf:	2,8736

Gambar 4. 119 SF Tahap Konsolidasi 10 Tahun

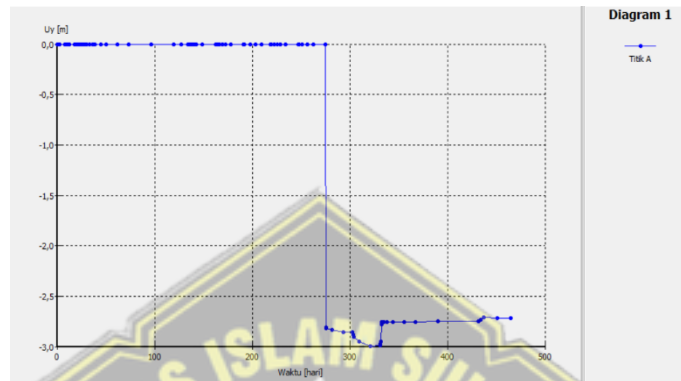
Dari analisa tahap perkerasaan melalui pengecekan nilai SF didapatkan gambar analisa bidang longsor, dimana bidang longsor ini menunjukkan kemungkinan pergerakan tanah saat pekerjaan perblangsung. Hal tersebut dapat terlihat pada gambar 4.120:



Gambar 4. 120 Bidang Longsor Tahap Konsolidasi 10 Tahun

4.3.1.6. Grafik Analisa Penurunan pada Titik A pada PLAXIS V8.6.

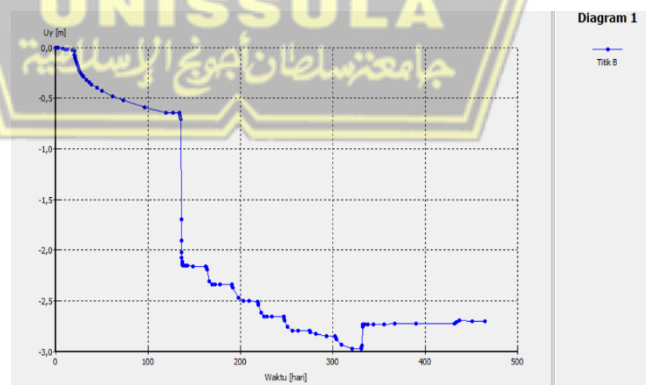
Berdasarkan permodelan pada PLAXIS V8.6 didapatkan hasil keluaran berupa kurva hubungan antara penurunan tanah dengan waktu, untuk data yang kami ambil merupakan bagian Immediate Settlement atau tahap pada proses konstruksi berlangsung, untuk bentuk grafiknya dapat dilihat pada gambar 4.121 :



Gambar 4. 121 Grafik Penurunan Tanah Titik A

4.3.1.7. Grafik Analisa Penurunan pada Titik B pada PLAXIS V8.6.

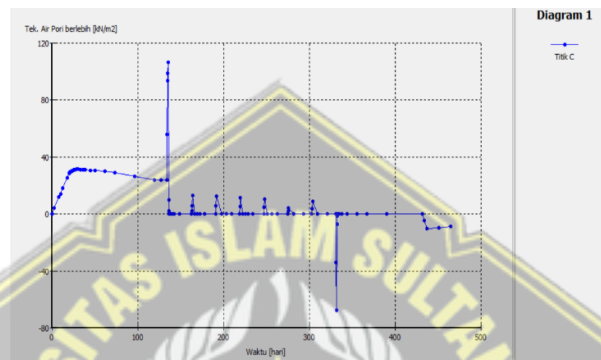
Berdasarkan permodelan pada PLAXIS V8.6 didapatkan hasil keluaran berupa kurva hubungan antara penurunan tanah dengan waktu, untuk data yang kami ambil merupakan bagian Immediate Settlement atau tahap pada proses konstruksi berlangsung, untuk bentuk grafiknya dapat dilihat pada gambar 4.122:



Gambar 4. 122 Grafik Penurunan Tanah Titik B

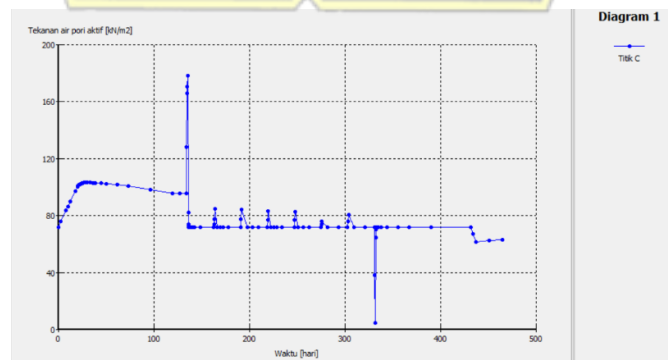
4.3.1.8. Grafik Analisa Tekanan Air Pori pada Titik C PLAXIS V8.6

Analisa di titik C ini kami mendapatkan grafik hubungan antara Tekanan Air Pori Berlebih dengan waktu pada masa proses konstruksi berlangsung, dalam grafik terlihat penurunan angka yang menunjukkan bahwa terdapat tekanan terhadap konstruksi pekerjaan. Tekanan terbesar berada pada pekerjaan timbunan tahap 1 dengan angka tekanan air pori berlebih sebesar $106,240 \text{ kN/m}^2$ hal tersebut dapat dilihat pada gambar 4.123:



Gambar 4. 123 Grafik Tekanan Air Pori Berlebih Titik C

Analisa di titik C ini pula kami mendapatkan grafik hubungan antara Tekanan Air Pori Aktif dengan waktu pada masa proses konstruksi berlangsung, dalam grafik terlihat penurunan angka yang menunjukkan bahwa terdapat tekanan terhadap konstruksi pekerjaan. Tekanan terbesar berada pada pekerjaan timbunan tahap 1 dengan angka tekanan air pori berlebih sebesar $178,190 \text{ kN/m}^2$ hal tersebut dapat dilihat pada gambar 4.124:

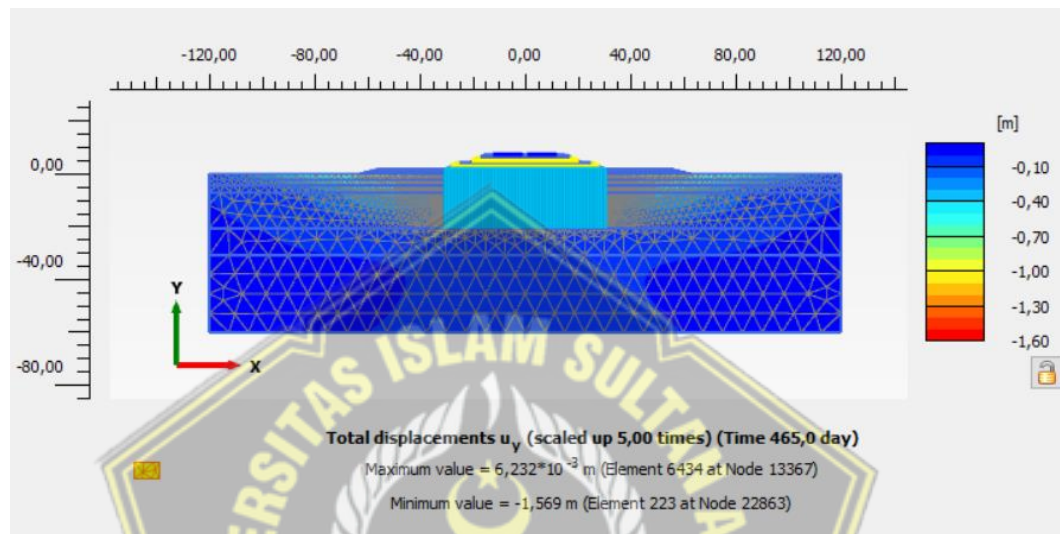


Gambar 4. 124 Grafik Tekanan Air Pori Aktif Titik C

4.3.2. Hasil Analisa Menggunakan PLAXIS V20

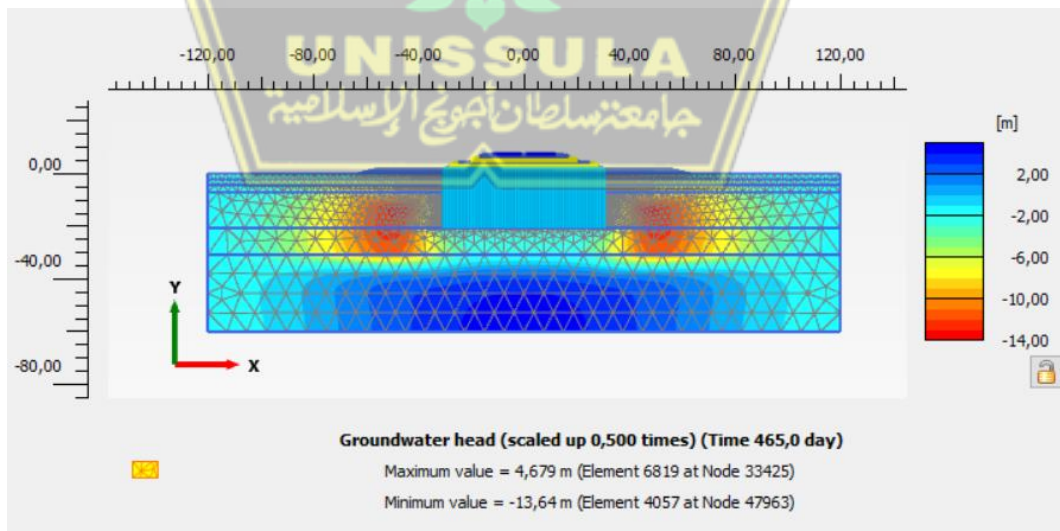
4.3.2.1. Hasil Analisa Tahap Perkerasan pada Permodelan PLAXIS V20.

Dari hasil analisa pada program PLAXIS V8.6 didapatkan hasil keluaran pada tahap perkerasan yaitu total penurunan tanah sebesar -1,569 m dengan ketinggian muka air pada kedalaman 1,5 m dari permukaan tanah, hal tersebut dapat terlihat dari gambar 4.125:



Gambar 4. 125 Total Penurunan Tahap Perkerasan PLAXIS V20

Saat tahap perkerasan ini pula didapatkan nilai tekanan air pori berlebih sebesar -13,64 m hal tersebut dapat terlihat pada gambar 4.126:



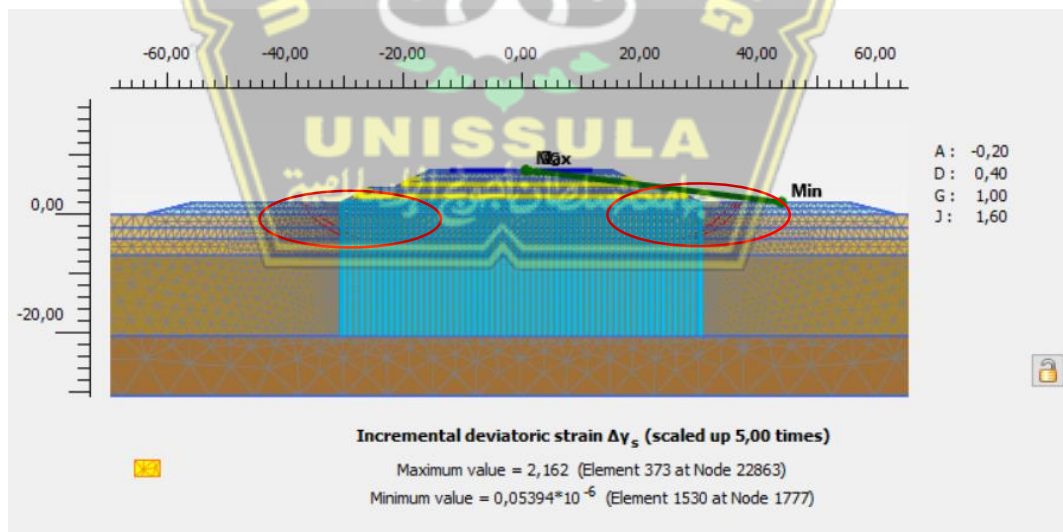
Gambar 4. 126 Tekanan Air Pori Tahap Perkerasan PLAXIS V20

Untuk nilai angka keamanan (SF) pada tahap perkerasan ini didapatkan angka sebesar 3,673, dimana berarti dapat dikatakan bahwa pada tahap perkerasan ini pekerjaan aman untuk dilakukan karena nilai SF ini lebih besar dari 1,5. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 4.127:

SF PERKERASAN [Phase_32]			
Initial			
Classical mode			
Safety			
False			
Picos			
64 bit			
2,000			
0,06091E-3			
		ΣM_{Weight}	1,000
M_{sf}	0,02000	ΣM_{sf}	3,673
Increment	0,000	End time	465,0

Gambar 4. 127 SF Tahap Perkerasan PLAXIS V20

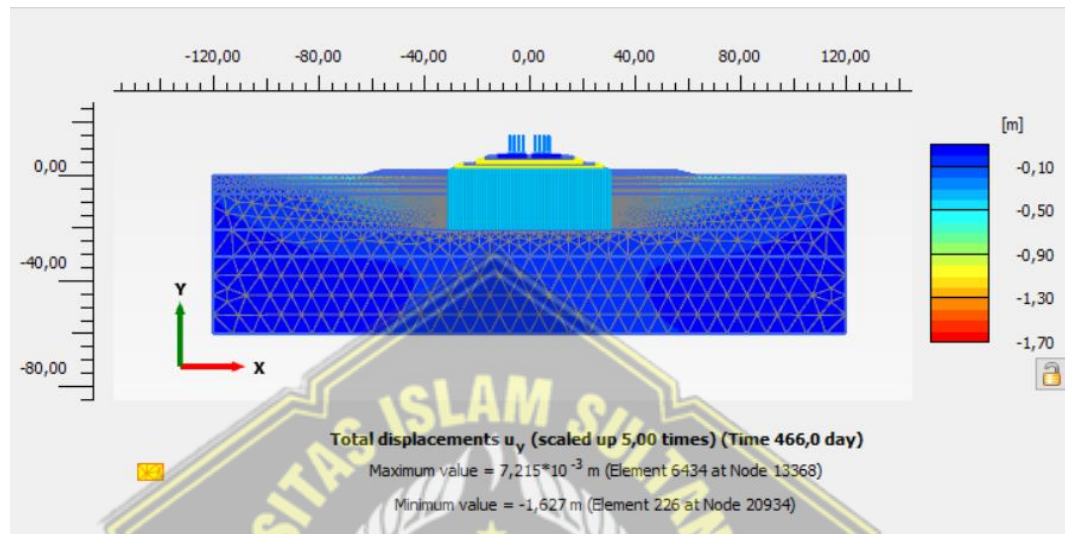
Dari analisa tahap perkerasan melalui pengecekan nilai SF didapatkan gambar analisa bidang longsor, dimana bidang longsor ini menunjukkan kemungkinan pergerakan tanah saat pekerjaan berlangsung. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 4.128:



Gambar 4. 128 Bidang Longsor Tahap Perkerasan PLAXIS V20

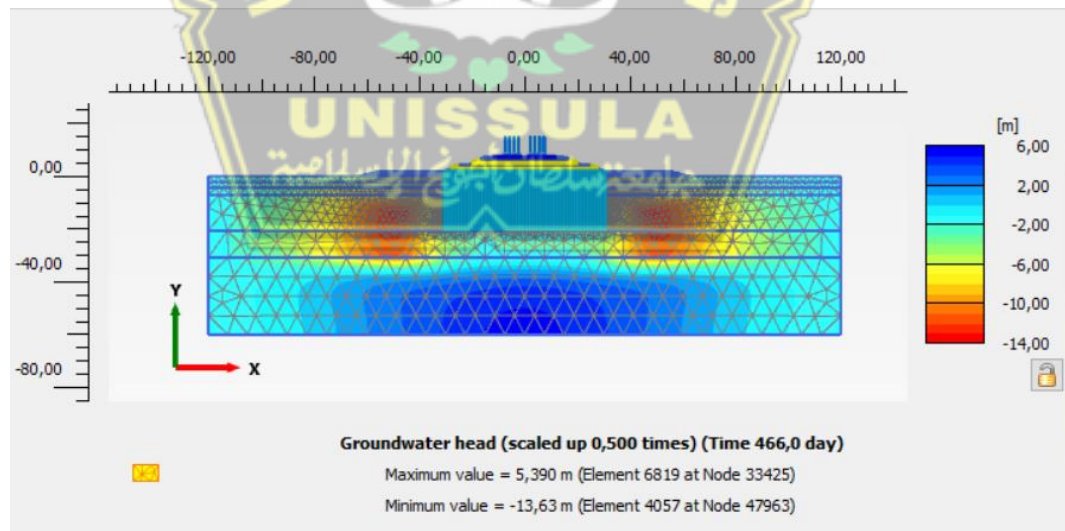
4.3.2.2. Hasil Analisa Tahap Service Load pada Permodelan PLAXIS V20.

Dari hasil analisa pada program PLAXIS V8.6 didapatkan hasil keluaran pada tahap perkerasan yaitu total penurunan tanah sebesar -1,627 m dengan ketinggian muka air pada kedalaman 1,5 m dari permukaan tanah, hal tersebut dapat terlihat dari gambar 4.129:



Gambar 4. 129 Total Penurunan Tahap *Service Load* PLAXIS V20

Saat tahap perkerasan ini pula didapatkan nilai tekanan air pori berlebih sebesar -13,63 m hal tersebut dapat terlihat pada gambar 4.130:



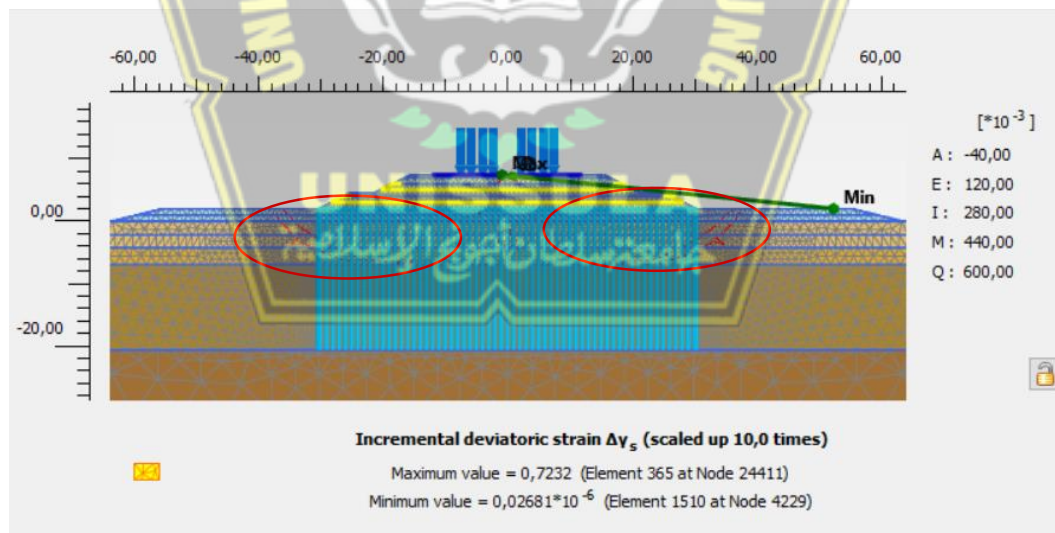
Gambar 4. 130 Tekanan Air Pori Tahap *Service Load* PLAXIS V20

3,077, dimana berarti dapat dikatakan bahwa pada tahap pekerjaan ini pekerjaan aman untuk dilakukan karena nilai SF ini lebih besar dari 1,5. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 4.131:

SF SERVICE LOAD [Phase_31]			
Initial			
Classical mode			
Safety			
False			
Picos			
64 bit			
0,5000			
0,09199E-3			
M_{sf}	3,284E-3	ΣM_{Weight}	1,000
Increment	0,000	ΣM_{sf}	3,077
		End time	466,0

Gambar 4. 131 SF Tahap *Service Load* PLAXIS V20

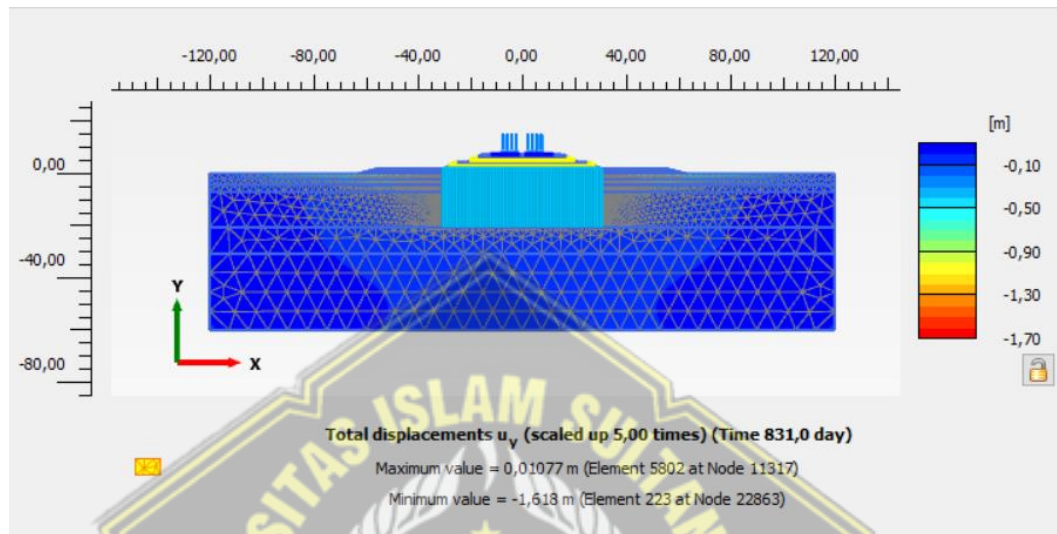
Dari analisa tahap perkerasan melalui pengecekan nilai SF didapatkan gambar analisa bidang longsor, dimana bidang longsor ini menunjukkan kemungkinan pergerakan tanah saat pekerjaan berlangsung. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 4.132:



Gambar 4. 132 Bidang Longsor Tahap *Service Load* PLAXIS V20

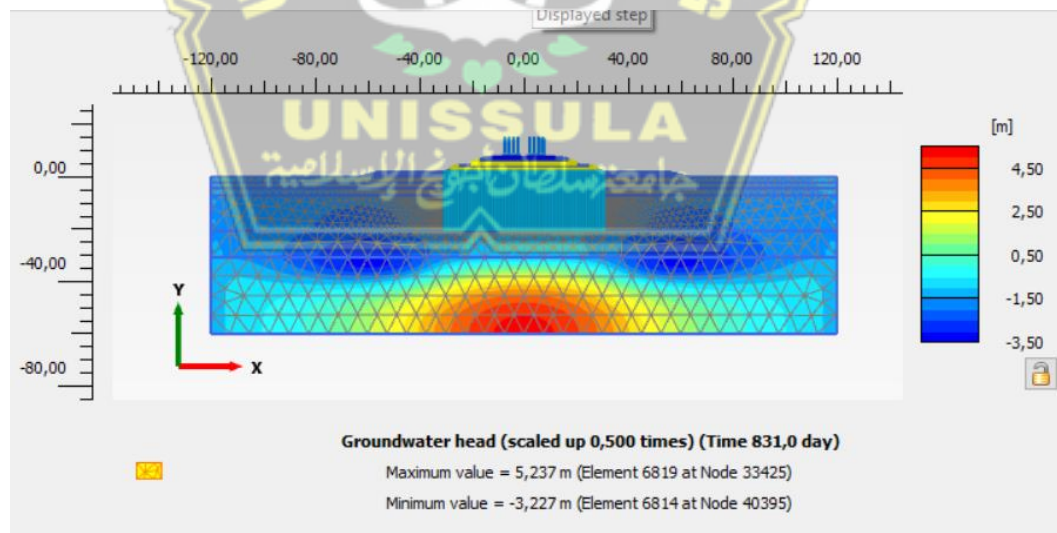
4.3.2.3. Hasil Analisa Tahap Konsolidasi 1 Tahun pada Permodelan PLAXIS V20.

Dari hasil analisa pada program PLAXIS V8.6 didapatkan hasil keluaran pada tahap perkerasan yaitu total penurunan tanah sebesar -1,618 m dengan ketinggian muka air pada kedalaman 1,5 m dari permukaan tanah, hal tersebut dapat terlihat dari gambar 4.133:



Gambar 4. 133 Total Penurunan Tahap Konsolidasi 1 Tahun PLAXIS V20

Saat tahap perkerasan ini pula didapatkan nilai tekanan air pori berlebih sebesar -3,227 m hal tersebut dapat terlihat pada gambar 4.134:



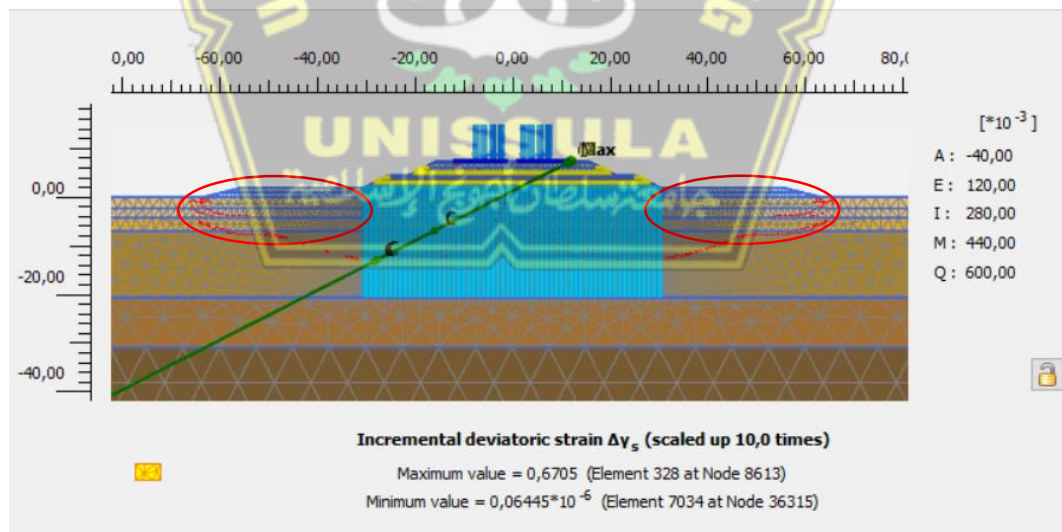
Gambar 4. 134 Tekanan Air Pori Tahap Konsolidasi 1 Tahun PLAXIS V20

Untuk nilai angka keamanan (SF) pada tahap perkerasaan ini didapatkan angka sebesar 2,995, dimana berarti dapat dikatakan bahwa pada tahap perkerasaan ini pekerjaan aman untuk dilakukan karena nilai SF ini lebih besar dari 1,5. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 4.135:

SF KONSOLIDASI 1 TAHUN [P]:			
Initial			
Classical mode			
Safety			
False			
Picos			
64 bit			
0,5000			
0,1021E-3			
		ΣM_{Weight}	1,000
M_{sf}	2,728E-3	ΣM_{sf}	2,995
Increment	0,000	End time	831,0

Gambar 4. 135 SF Tahap Konsolidasi 1 Tahun PLAXIS V20

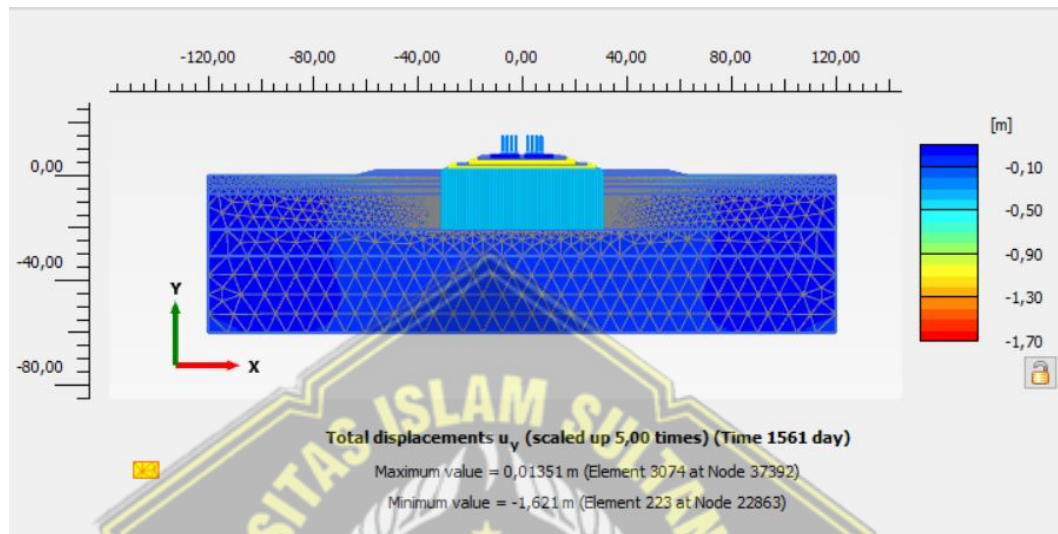
Dari analisa tahap perkerasaan melalui pengecekan nilai SF didapatkan gambar analisa bidang longsor, dimana bidang longsor ini menunjukkan kemungkinan pergerakan tanah saat pekerjaan berlangsung. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 4.136:



Gambar 4. 136 Bidang Longsor Tahap Konsolidasi 1 Tahun PLAXIS V20

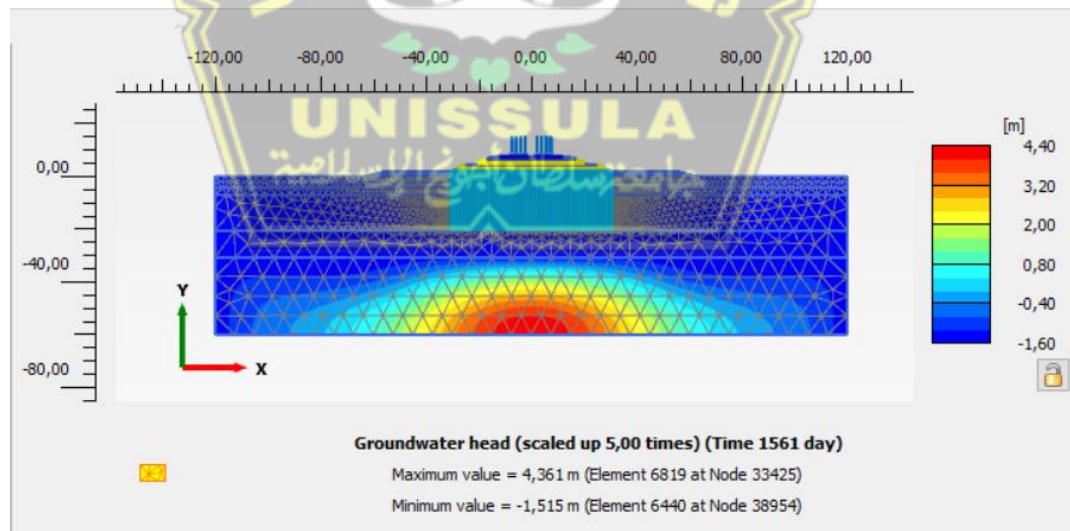
4.3.2.4. Hasil Analisa Tahap Konsolidasi 3 Tahun pada Permodelan PLAXIS V20.

Dari hasil analisa pada program PLAXIS V8.6 didapatkan hasil keluaran pada tahap perkerasan yaitu total penurunan tanah sebesar -1,621 m dengan ketinggian muka air pada kedalaman 1,5 m dari permukaan tanah, hal tersebut dapat terlihat dari gambar 4.137:



Gambar 4. 137 Total Penurunan Tahap Konsolidasi 3 Tahun PLAXIS V20

Saat tahap perkerasan ini pula didapatkan nilai tekanan air pori berlebih sebesar -1,515 m hal tersebut dapat terlihat pada gambar 4.138:



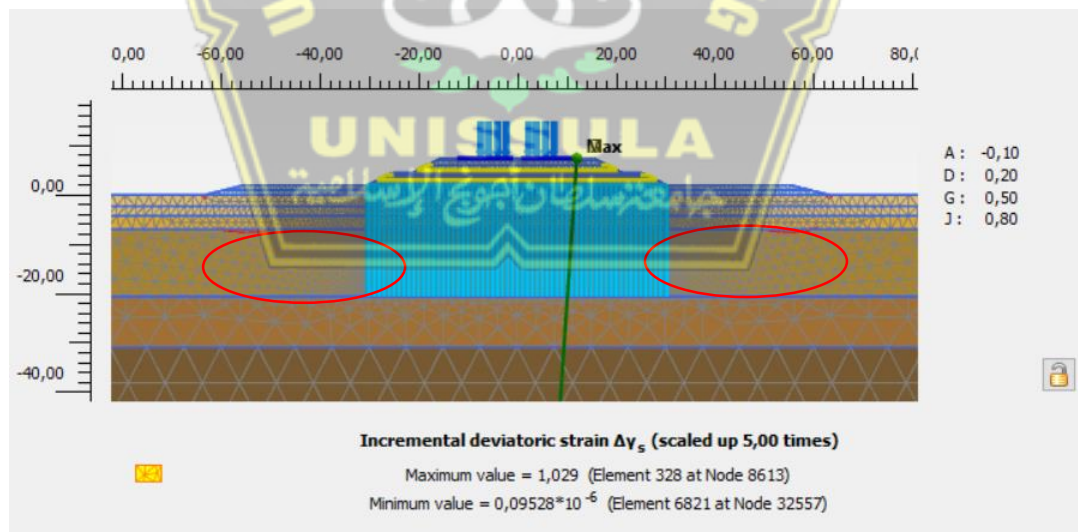
Gambar 4. 138 Tekanan Air Pori Tahap Konsolidasi 3 Tahun PLAXIS V20

Untuk nilai angka keamanan (SF) pada tahap perkerasaan ini didapatkan angka sebesar 2,967, dimana berarti dapat dikatakan bahwa pada tahap perkerasaan ini pekerjaan aman untuk dilakukan karena nilai SF ini lebih besar dari 1,5. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 4.139:

SF KONSOLIDASI 3 TAHUN [P]			
Initial			
Classical mode			
Safety			
False			
Picos			
64 bit			
2,000			
0,1041E-3			
		ΣM_{Weight}	1,000
M_{sf}	4,428E-3	ΣM_{sf}	2,967
Increment	0,000	End time	1561

Gambar 4. 139 SF Tahap Konsolidasi PLAXIS V20

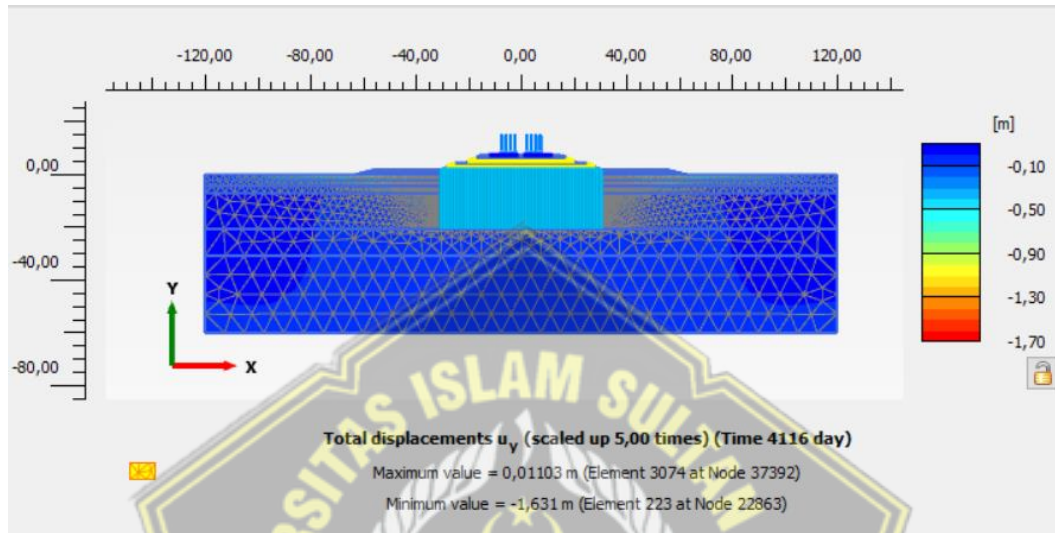
Dari analisa tahap perkerasaan melalui pengecekan nilai SF didapatkan gambar analisa bidang longsor, dimana bidang longsor ini menunjukkan kemungkinan pergerakan tanah saat pekerjaan berlangsung. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 4.140:



Gambar 4. 140 Bidang Longsor Tahap Konsolidasi 3 Tahun PLAXIS V20

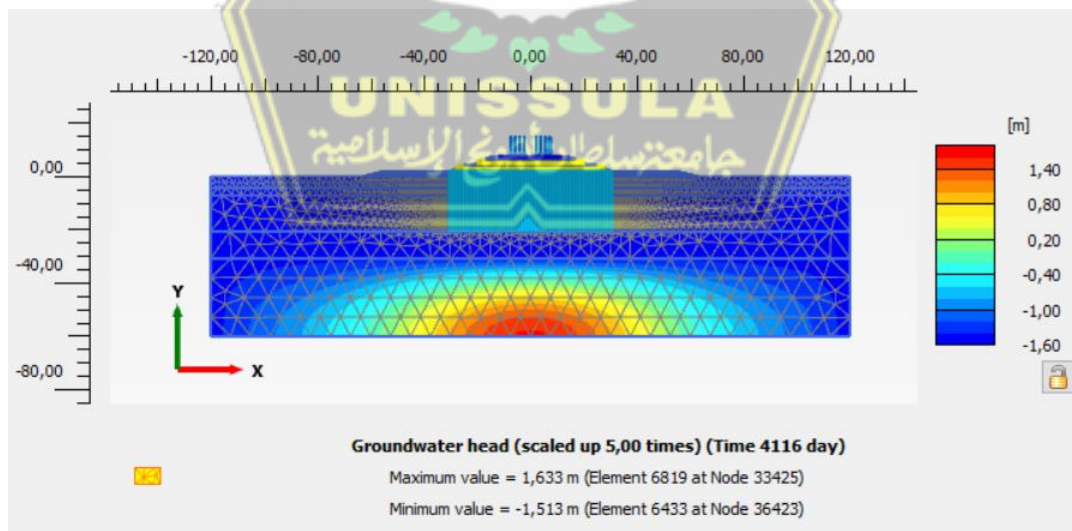
4.3.2.5. Hasil Analisa Tahap Konsolidasi 10 Tahun pada Permodelan PLAXIS V20.

Dari hasil analisa pada program PLAXIS V8.6 didapatkan hasil keluaran pada tahap perkerasan yaitu total penurunan tanah sebesar -1,631 m dengan ketinggian muka air pada kedalaman 1,5 m dari permukaan tanah, hal tersebut dapat terlihat dari gambar 4.141:



Gambar 4. 141 Total Penurunan Tahap Konsolidasi 10 Tahun PLAXIS V20

Saat tahap perkerasan ini pula didapatkan nilai tekanan air pori berlebih sebesar -1,513 m hal tersebut dapat terlihat pada gambar 4.142:



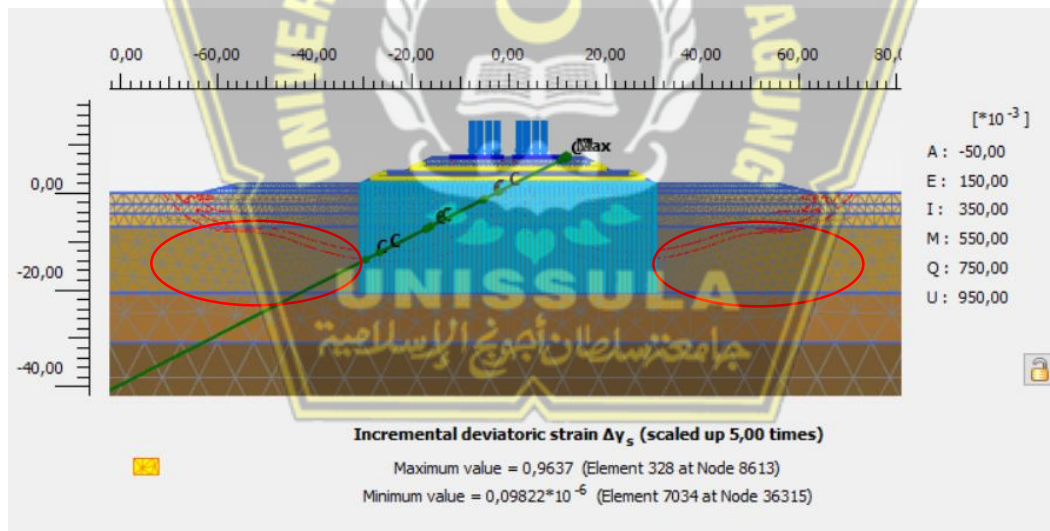
Gambar 4. 142 Tekanan Air Pori Tahap Konsolidasi 10 Tahun PLAXIS V20

Untuk nilai angka keamanan (SF) pada tahap perkerasan ini didapatkan angka sebesar 2,973, dimana berarti dapat dikatakan bahwa pada tahap perkerasan ini pekerjaan aman untuk dilakukan karena nilai SF ini lebih besar dari 1,5. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 4.143:

SF KONSOLIDASI 10 TAHUN [F]			
Initial			
Classical mode			
Safety			
False			
Picos			
64 bit			
2,000			
0,1020E-3			
		ΣM_{Weight}	1,000
M_{sf}	4,351E-3	ΣM_{sf}	2,973

Gambar 4. 143 SF Tahap Konsolidasi 10 Tahun PLAXIS V20

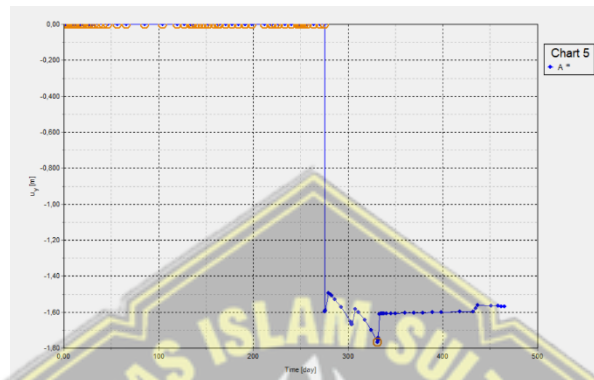
Dari analisa tahap perkerasan melalui pengecekan nilai SF didapatkan gambar analisa bidang longsor, dimana bidang longsor ini menunjukkan kemungkinan pergerakan tanah saat pekerjaan berlangsung. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 4.144:



Gambar 4. 144 Bidang Longsor Tahap Konsolidasi 10 Tahun PLAXIS V20

4.3.2.6. Grafik Analisa Penurunan pada Titik A PLAXIS V20.

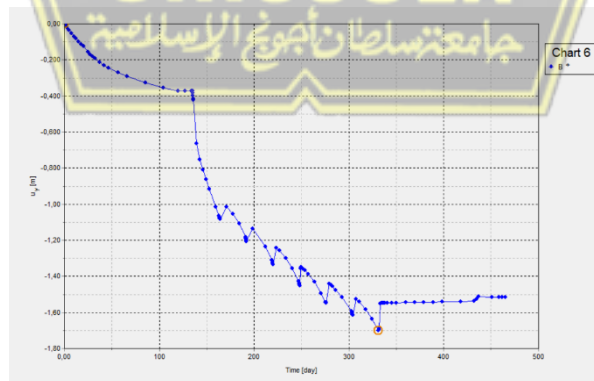
Berdasarkan permodelan pada PLAXIS V8.6 didapatkan hasil keluaran berupa kurva hubungan antara penurunan tanah dengan waktu, untuk data yang kami ambil merupakan bagian *Immidiate Settlement* atau tahap pada proses konstruksi berlangsung, untuk bentuk grafiknya dapat dilihat pada gambar 4.145:



Gambar 4. 145 Grafik Penurunan Titik A PLAXIS V20

4.3.2.7. Grafik Analisa Penurunan pada Titik B PLAXIS V20.

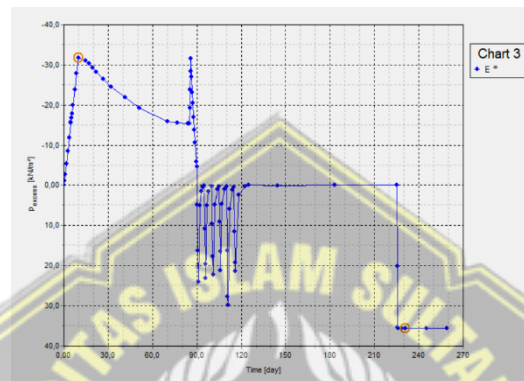
Berdasarkan permodelan pada PLAXIS V8.6 didapatkan hasil keluaran berupa kurva hubungan antara penurunan tanah dengan waktu, untuk data yang kami ambil merupakan bagian *Immidate Settlement* atau tahap pada proses konstruksi berlangsung, untuk bentuk grafiknya dapat dilihat pada gambar 4.146:



Gambar 4. 146 Grafik Penurunan Titik B PLAXIS V20

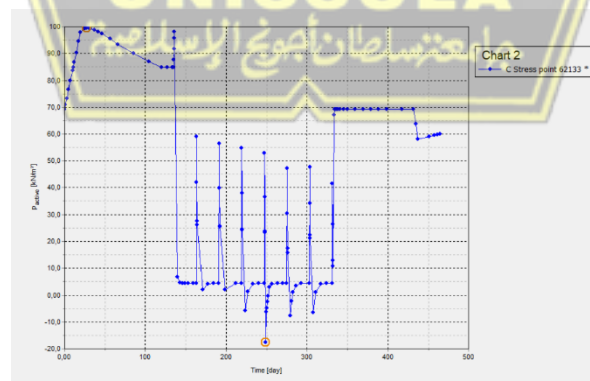
4.3.2.8. Grafik Analisa Teknan Air Pori pada Titik C PLAXIS V20.

Analisa di titik C ini pula kami mendapatkan grafik hubungan antara Tekanan Air Pori Berlebih dengan waktu pada masa proses konstruksi berlangsung, dalam grafik terlihat penurunan angka yang menunjukkan bahwa terdapat tekanan terhadap konstruksi pekerjaan. Tekanan terbesar berada pada pekerjaan konsolidasi 100 hari awal dengan angka tekanan air pori berlebih sebesar $27,244 \text{ kN/m}^2$ hal tersebut dapat dilihat pada gambar 4.147:



Gambar 4. 147 Grafik Tekanan Air Pori Titik Berlebih C PLAXIS V20

Analisa di titik C ini pula kami mendapatkan grafik hubungan antara Tekanan Air Pori Aktif dengan waktu pada masa proses konstruksi berlangsung, dalam grafik terlihat penurunan angka yang menunjukkan bahwa terdapat tekanan terhadap konstruksi pekerjaan. Tekanan terbesar berada pada pekerjaan konsolidasi 100 hari awal dengan angka tekanan air pori berlebih sebesar $99,475 \text{ kN/m}^2$ hal tersebut dapat dilihat pada gambar 4.148:



Gambar 4. 148 Grafik Tekanan Air Pori Aktif Titik C PLAXIS V20

4.4 Pembahasan

Perbaikan tanah lunak dengan menggunakan metode PVD dan konsolidasi vakum dengan bantuan analisa program PLAXIS yaitu PLAXIS V8.6 dan PLAXIS V20, program ini memiliki beberapa hasil keluaran berupa *Total Displacement*, *Excess Pore Pressure* dan *Safety Factor* pada tiap tahapan pekerjaan. Guna membandingkan kedua program PLAXIS kami menentukan titik tinjau pengujian untuk membandingkan nilai *displacement* dan nilai *excess pore pressure*.

Adapun hasil perbandingan keluaran pada kedua program PLAXIS dapat dilihat pada tabel 4.7 dan 4.8:



Tabel 4. 7 Tabel Perbandingan *Displacement* program PLAXIS V8.6 dan PLAXIS V20

NO.	TAHAPAN PEKERJAAN	HARI	TOTAL HARI	DISPLACEMENT TITIK E (m)			
				v 8.6		v. 20	
				PENURUNAN	SELISIH PENURUNAN	PENURUNAN	SELISIH PENURUNAN
1	PERKERASAN	28	0	-2,72	-2,72	-1,569	-1,569
2	SERVICE LOAD	1	0	-2,79	-0,07	-1,627	-0,058
3	KONSOLIDASI 1 TAHUN	365	0	-2,8	-0,01	-1,618	0,009
4	KONSOLIDASI 3 TAHUN	730	0	-2,81	-0,01	-1,621	-0,003
5	KONSOLIDASI 10 TAHUN	2555	0	-2,82	-0,01	-1,631	-0,01
KONSOLIDASI 1 TAHUN-PERKERASAN				-0,08		-0,049	
KONSOLIDASI 3 TAHUN-PERKERASAN				-0,09		-0,052	
KONSOLIDASI 10 TAHUN-PERKERASAN				-0,1		-0,062	

Tabel 4. 8 Tabel Perbandingan Nilai *Safety Factor* Program PLAXIS V8.6 dan PLAXIS V20

No.	TAHAPAN PELAKSANAAN	TIME (DAY)	SAFETY FACTOR	
			V8.6	V20
1	PERKERASAN	465	2,895	3,673
2	SERVICE LOAD	466	2,832	3,077
3	KONSOLIDASI 1 TAHUN	831	2,872	2,995
4	KONSOLIDASI 3 TAHUN	1561	2,889	2,967
5	KONSOLIDASI 10 TAHUN	4116	2,874	2,973

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis perbaikan tanah lunak dengan metode *Vacuum Consolidation* pada tanah lunak di Semarang menggunakan program PLAXIS V.8.6 dan PLAXIS V.20 yang telah dibahas pada bab sebelumnya, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, *displacement* yang terjadi pada PLAXIS V8.6 setelah konsolidasi 10 tahun diperoleh 2,82 m, sedangkan *displacement* yang terjadi pada PLAXIS V20 setelah konsolidasi 10 tahun diperoleh 1,618 m.
2. Total waktu penurunan yang diperlukan hingga akhir masa konstruksi menggunakan metode *Vacuum Consolidation* pada kedua versi program PLAXIS adalah 465 hari.
3. Berdasarkan analisis angka keamanan (*Safety Factor*) dari permodelan dengan menggunakan PLAXIS V.8.6 didapatkan rata-rata angka keamanan sebesar 2,872. Sedangkan menggunakan PLAXIS V.20 didapatkan angka rata-rata keamanan sebesar 3,137.
4. Hasil tekanan air pori setelah dilakukan konsolidasi vakum menggunakan PLAXIS V8.6 diperoleh pada tahap konsolidasi 10 tahun yaitu 32,66 kN/m². Sedangkan menggunakan PLAXIS V20 didapatkan angka pada tahap konsolidasi 10 tahun yaitu 1,513 kN/m².
5. Dari analisis yang sudah dilakukan menggunakan kedua program PLAXIS, kami menemukan perbedaan diantara keduanya yaitu berupa fitur pemasangan vakum pada permodelan.

5.2 Saran

Berdasarkan Tugas Akhir yang kami kerjakan, dapat memberikan masukan dan saran sebagai berikut :

1. Diharapkan kedepannya adanya pengembangan penganalisaan penurunan tanah menggunakan program lain untuk mendapatkan data pembandingan yang lebih spesifik lagi, contohnya penggunaan program Geostudio atau program SLIDE.



DAFTAR PUSTAKA

- Al Harits, A. Y. & Istiatun. (2021). *Perbandingan Metode Preloading Dengan Vakum Konsolidasi Tanah Pada Pemodelan di Laboratorium*. Depok: Politeknik Negeri Jakarta. 57-66.
- Badan Standardisasi Nasional. (2017). *Persyaratan Perancangan Geoteknik*. SNI 8460:2017. Jakarta.
- Braja, M. Das. (1995). *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis Jilid 1). Dan Sifat-Sifat Dasar Tanah Lunak*, Pusat Litbang Prasarana
- Hardiyatno, H. C. (2002). *Metode Vacuum Preloading Sebagai Salah Satu Alternatif Solusi Pembanunan Timbunan Di Atas Tanah Lunak*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada. 47-55.
- Holtz, W.D. dan Gibbs, H.J. (1956). “*Engineering Properties of Expansive Clay Transactions*”. ASCE.
- Ismail, H. A. H. (2018). *Geotechnical Investigations and Assessment of Earthquakes Factors at Hurghada City, Red Sea, Egypt*. DOI: 10.5923/j.2nv.20180803.01. World Environment 2018, 8(3): 63-70. Jakarta: Erlangga.
- Karlinasari, R. & Radhian Rachmadan. (2017). *Analysis of lateral deformation of mini pile around the vacuum consolidation area*. ResearchGate.
- Nugroho, T., Mulyanto, B., (2003). *Pengaruh Penurunan Muka Air Tanah Terhadap Karakteristik Gambut*. Indonesia-Papers
- Panduan Geoteknik 3, (2001). *Panduan Geoteknik Indonesia Timbunan Jalan pada Tanah Lunak*. Edisi Pertama, Pusat Litbang Prasarana Transportasi.
- PLAXIS. (2012). “*Tutorial Manual*”. Rotterdam (NL): A.A. Balkema.
- Sharo, A. A, Osama, K. N & Fardou, M. R. (2019). *Spatial Distribution of Engineering Soil Properties in the Northern Region of the Dead Sea, Jordan*. *Jordan Journal of Civil Engineering*. Vol 13. No. 2: 280-298.
- Soetjiono, C., (2008), *Perbaikan Tanah untuk Penerapan Teknologi Konstruksi di Atas Tanah Lunak*. Bandung.
- Suyono S. dan Kazoto N., (1984). *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*. Jakarta: Pradya Paramita.
- Terzaghi, K., (1943), *Theoretical Soil Mechanics*. New York: Wiley & Sons. *Transportasi*, WSP internasional jakarta, Indonesia.

Triarso, A. & Yogie Risdianto. (2021). *Corrugated Sheet Pile Analysis on Riverbank Retaining Wall Project in Factory Area of the Sukoharjo Street*. IOP Conf. Series: Material Science and Engineering. Doi:10.1088/1757-999X/1125/1/012018.

Yohanson, R. & Tommy Ilyas. (2020). *Back Analysis Parameter Konsolidasi Pada Pembebanan Vakum dengan PVD*. Jurnal Konstruksi. Vol. 12. No. 1. 81-92.

